

Universidade do Minho
Escola de Ciências

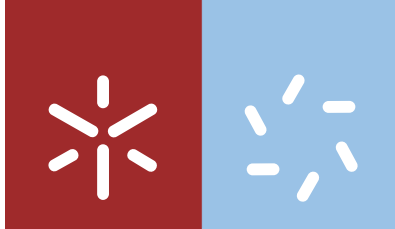
Liliana Maria Barroso do Gonçalo

A atividade mineira na região transfronteiriça da Serra do Gerês/Xurs (Trs-os-Montes/Minho/Galiza) – Influciadas Minas dos Carris e Mina Las Sombras nos sistemas naturais e humanizados

Liliana Maria Barroso do Gonçalo - A atividade mineira na região transfronteiriça da Serra do Gerês/Xurs (Trs-os-Montes/Minho/Galiza) - Influcia das Minas dos Carris e Mina Las Sombras nos sistemas naturais e humanizados

UMinho | 2013

outubro de 2013



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Liliana Maria Barroso do Gonçalo

**A atividade mineira na região transfronteiriça
da Serra do Gerês/Xurés (Trás-os-Montes/
Minho/Galiza) – Influenciadas Minas dos
Carris e Mina Las Sombras nos sistemas
naturais e humanizados**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Ordenamento e Valorização de Recursos Geológicos

Trabalho efetuado sob orientação do

Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes

e da

Doutora Teresa Maria Fernandes Valente

outubro de 2013

Universidade do Minho

Escola de Ciências

Liliana Maria Barroso do Gonçalo

A atividade mineira na região transfronteiriça da Serra do Gerês/Xurés (Trás-os-Montes/Minho/Galiza) – Influência das Minas dos Carris e Mina Las Sombras nos sistemas naturais e humanizados

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Ordenamento e Valorização de Recursos Geológicos

Trabalho efetuado sob orientação de:

Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes

Doutora Teresa Maria Fernandes Valente

novembro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: **Liliana Maria Barroso do Gonçalo**

Endereço eletrónico: **lilianagoncalo@gmail.com**

Número do Cartão de Cidadão: **11775492 7 ZY0**

Título da Tese de Mestrado:

A atividade mineira na região transfronteiriça da Serra do Gerês/Xurés (Trás-os-Montes/Minho/Galiza) – Influência das Minas dos Carris e Mina Las Sombras nos sistemas naturais e humanizados

Orientador(es):

Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes

Doutora Teresa Maria Fernandes Valente

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado:

Mestrado em Ordenamento e Valorização de Recursos Geológicos

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho de investigação assemelha-se aos percursos efetuados até às Minas dos Carris/Minas Las Sombras. Foram várias as paragens, mas o final é deveras recompensador e, em simultâneo, indescritível.

Em todo o “percurso” percorrido tive a oportunidade de ser acompanhada por diversas pessoas e instituições, às quais dirijo os meus agradecimentos.

Começo por agradecer aos orientadores Prof. Dr. Carlos A. Leal Gomes e Prof.^a Dra Teresa Valente pelo incentivo na escolha do tema da dissertação, por todas as orientações cedidas e pela compreensão e disponibilidade facultadas.

O meu reconhecimento é dado também à Dra Lúcia Guise do Laboratório de Águas do DCT, ao Sr. António Azevedo do Laboratório de Difração de Raios X, ao Sr. Saúl (na elaboração de superfícies polidas e análise granulométrica) e à Dra Elsa (Microcopia eletrónica).

Agradeço ao Doutor Henrique Carvalho, Diretor do Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG) pelo apoio logístico e demais autorizações que me concebeu, à Geógrafa Ana Fontes e Sr. António (técnicos do PNPG - ICNB) pela cedência de material de apoio ao meu trabalho de campo e, de forma particular, ao Sr. Carlos (Vigilante da Natureza do PNPG) pela sua ambilidade em todas as vezes que me guiou às Minas dos Carris e Minas Las Sombras. Relativamente às autorizações cedidas agradeço também ao Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés.

Seguidamente agradeço ao Dr. Augusto Bento Filipe (LNEG - Unidade de Investigação de Recursos Minerais e Geofísica, Laboratório de Geologia e Minas), ao Sr. José Moreira e Rui Barbosa (<http://carris-geres.blogspot.com>) pela cedência de bibliografia, que me foi útil durante o trabalho, e por toda a atenção dedicada.

No que concerne ao transporte disponibilizado agradeço, de forma particular, à Câmara Municipal de Montalegre, em especial ao motorista Max, incansável pelo seu tempo de espera.

Relativamente ao acompanhamento em campo, os meus fortes agradecimentos são dirigidos a: Zé Carlos, ao meu irmão Jorge Miguel, Miguel, Sr. António Rita, Sr. João Azenha, Paulo Romeu, Constança e, também, ao Ecomuseu de Barroso.

O meu reconhecimento especial à Mestre Raquel Alves pela amizade, pela amabilidade no trato e por toda a ajuda.

Agradeço, ainda, o apoio da minha família, amigos e colegas de trabalho pela coragem e força transmitidas nos momentos, sobretudo mais difíceis.

O meu muito obrigada a todos

RESUMO

A presente dissertação inclui o estudo da atividade mineira na região transfronteiriça da serra do Gerês/Xurés, procurando diagnosticar a influência exercida pelas minas abandonadas dos Carris e Las Sombras (dedicadas à extração de volfrâmio e molibdénio) nos sistemas naturais atuais, bem como avaliar o seu impacte social nos períodos de lavra ativa.

As minas dos Carris localizam-se no Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG), NW de Portugal, e as minas Las Sombras situam-se no Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés (PNBLSX), sul da Galiza, Espanha. Em termos de estatuto de ordenamento do território, os Carris estão sujeitos ao estatuto de Proteção Parcial I, enquanto Las Sombras são abrangidas pelo estatuto de Reserva integral num conjunto transfronteiriço mas com características naturais muito homogêneas.

Os métodos de análise emanaram de aplicações pluridisciplinares de topografia, geomorfologia, minero-química e hidro-geoquímica de superfície, convergentes no sentido de caracterizar o estado de equilíbrio dos sistemas fluviais, das escombreyras e outros vestígios da atividade extrativa – escavações e edificações. Em paralelo, efetuou-se um inventário e a avaliação do estado do património remanescente no espaço mineiro abandonado. Surge assim a ligação de uma perspetiva analítica dedicada à evolução de diferentes materiais geológicos a uma perspetiva de caracterização do acervo e espólio patrimoniais (permanência de vestígios arquitetónicos da atividade industrial mineira). A conjugação destas duas perspetivas é especialmente relevante quando se considera a valorização abrangente e integrativa do património natural e construído da área protegida correspondente ao Parque Nacional da Peneda Gerês (PNPG) e ao Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, onde se localizam as duas minas em estudo.

Quanto ao impacte ambiental relacionado com a atividade extrativa, que permanece na área de interesse natural, os resultados obtidos indicam que este se concentra especialmente nos Carris, em relação com a existência de escorrências ácidas sulfatadas e com processos de oxidação de algumas pilhas de fragmentos de paragénese com sulfuretos ainda não processadas por ustulação. No que concerne a Las Sombras as escorrências afetadas pela mineração mostram valores paramétricos de condutividade elétrica e de pH, medidos “*in situ*”, que aproximam o efluente das características da água de escorrência natural, com baixa mineralização e ligeira alcalinidade. Em suma, os sistemas Rio Cabril - Carris e Rio Amoreira/Rio Homem - Las Sombras podem qualificar-se no domínio da boa qualidade ambiental.

ABSTRACT

*Mining at the frontier region of Gerês (Trás-os-Montes/Minho, Portugal) and Xurés (Galiza, Spain)
– The influence of Carris and Sombras mining sites the natural and humanized systems*

The present research work is referred to the study of mining activity in cross-border region of Serra do Gerês/Xurés, searching for diagnosing the influence exerted by the abandoned mines of Carris and by the mines of Las Sombras (both subject to exploitation of wolfram and molybdenum) in their natural systems as well as the social impact in periods of active mining.

The mines of Carris are located in the National Park of Peneda-Gerês (NPPG), in NW of Portugal, and the mines of Las Sombras at the Natural Park of Baixa Límia Serra Xurés (NPBLSX), in south of Galicia, Spain. In terms of the status of land use planning, the Carris is subject to the statute of Partial Protection I, while Las Sombras is covered by the statute of integral Reserve in a set border region but with natural characteristics very homogenous.

The methods of analysis were emanating from different fields - topography, geomorphology, mineralogy and geochemistry of ores and wastes, and hydro-geochemistry of surface. Those are converging methods in order to characterize the natural balance of river systems and waste dumps and the other traces of extractive activity - excavations and buildings.

At the same time, was realized the inventory and assessment of the status of the mining heritage. This leads to the connection between an analytical perspective dedicated to the evolution of different geological materials, and a perspective of characterization of the whole property and booty (permanence of architectural traces of industrial mining activity). This is particularly relevant when considering the comprehensive and integrative valuation of the natural and built heritage of the protected area corresponding to the National Park of Peneda-Gerês (NPPG) and to the Park cross-border Gerês-Xurés, where are located the two mines in study.

Regarding the environmental impact associated with the mining activity, which remains in the area of natural interest, results indicate that it can be considered negligible and is especially represented in Carris by runoff water acidic, sulfated and by oxidation of some fragments of paragenese with sulphides not yet processed by roasting.

Regarding Las Sombras, the effluents affected by mining show electrical conductivity and pH values, measured "in situ" that approach them to natural seepage water, with low mineralization and slight alkalinity. In summary, Rio Cabril - Carris and Amoreira River - Las Sombras fall within the field of good environmental quality.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Condicionantes de impacto ambiental em espaços mineiros abandonados	2
1.2. Locais-chave como padrões de impacto ambiental.....	5
1.3. As escombreyras como principais focos de impacto ambiental.....	5
1.4. Influência da atividade mineira em meios recetores hídricos - águas de drenagem ácida.....	6
1.5. Património Geomineiro	7
1.6. Estruturação da tese.....	11
2. MÉTODOS INSTRUMENTAIS E DE ANÁLISE DESCRITIVA	13
2.1. Monitorização da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos.....	14
2.1.1. Protocolo de amostragem	15
2.1.2. Sistema analítico.....	21
2.2. Caracterização de materiais sólidos – resíduos e neoformações mineralógicas supergénicas	24
2.3. Caracterização do património edificado e equipamentos	25
2.4. Tratamento de dados.....	26
3. GEOGRAFIA E GEOLOGIA DOS ESPAÇOS MINEIROS CARRIS E LAS SOMBRAS	27
3.1. Geografia mineira	27
3.1.1. Orografia	27
3.1.2. Geomorfologia	29
3.1.3. Hidrografia.....	30
3.1.4. Clima.....	31
3.1.5. Plano de Ordenamento do Território	33
3.2. Geologia mineira	36
3.2.1. Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés	36
3.2.2. Os espaços mineiros Carris e Las Sombras.....	41
3.2.3. Estruturas mineralizadas – Paragéneses primárias e secundárias.....	45
3.2.4. Análise comparativa dos diversos jazigos minerais.....	56

4. CONTEXTO HISTÓRICO E ECONÓMICO DA EXPLORAÇÃO MINEIRA EM CARRIS E LAS SOMBRAS	61
4.1. ESPAÇO MINEIRO CARRIS	61
4.1.1. Algumas notas sobre o acervo documental atribuído aos Carris.....	61
I. Concessão n.º 2234 - Salto do Lobo	64
II. Concessão n.º 2806, Corga das Negras n.º 1	66
III. Concessão n.º 3120, Lamalonga n.º 1 (Corga da Lamalonga) ou Lamalonga	66
IV. Historial da decadência das Minas dos Carris.....	67
4.1.2. Património edificado e equipamentos dos Carris	68
4.1.3. Dedução das práticas de exploração e beneficiação do minério.....	82
4.2. ESPAÇO MINEIRO LAS SOMBRAS	86
4.2.1. Património edificado e equipamentos de Las Sombras	86
5. IMPACTE AMBIENTAL E RISCO	91
5.1. Caracterização das escombreiras e infraestruturas mineiras	94
5.1.1. Espaço mineiro Carris.....	94
5.1.1.1. Local de Salto do Lobo	95
A. Condições de acumulação dos resíduos.....	96
B. Propriedades dos resíduos	97
I. Associações mineralógicas típicas, herdadas do depósito primário – Paragéneses Primárias.....	98
II. Petrologia das neoformações em pilha de resíduos – Paragéneses secundárias	100
III. Análise granulométrica dos resíduos.....	103
IV. Balanço geoquímico qualitativo.....	105
C. Evolução geoquímica, mineralógica e indicadores ecológicos	106
D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras	110
5.1.1.2. Local de Corga das Negras.....	111
A. Condições de acumulação dos resíduos.....	111
B. Propriedades gerais dos resíduos	112
C. Evolução geoquímica e mineralógica	112
D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas.....	112
5.1.1.3. Local de Lamalonga.....	113
A. Condições de acumulação dos resíduos.....	113
B. Propriedades gerais dos resíduos	114
C. Evolução geológica e revegetação das escombreiras.....	114
D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras	118

5.1.2. Espaço mineiro Las Sombras	118
A. Condições de acumulação dos resíduos.....	119
B. Propriedades gerais dos resíduos	120
I. Análise granulométrica dos resíduos	120
II. Mineralogia e geoquímica	121
C. Evolução geoquímica e mineralógica.....	122
5.2. Propriedades dos efluentes nos espaços mineiros – Análise comparativa.....	124
5.2.1. Propriedades dos efluentes – Carris.....	124
5.2.2. Propriedades dos efluentes - Las Sombras.....	131
5.3. Aferição comparativa Carris – Las Sombras.....	135
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	 141
 7. BIBLIOGRAFIA.....	 147

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.I – Situações extremas em termos das condicionantes de impacte ambiental, ordenamento do território e paragéne do depósito mineral.	5
Quadro 2.I – Localização das quinze estações de amostragem inerentes ao espaço mineiro Carris (constantes no mapa da Figura 2.5). Coordenadas calibradas para datun WGS 84.	18
Quadro 2.II – Localização das seis estações de amostragem inerentes ao espaço mineiro Las Sombras (constantes no mapa da Figura 2.4). Coordenadas calibradas para datun WGS 84.	19
Quadro 2.III - Parâmetros analíticos aplicados à caracterização dos diferentes materiais em estudo.	22
Quadro 2.IV - Relação das principais técnicas e métodos analíticos de referência utilizados para a análise química de águas. <i>AES</i> - espectrometria de absorção atómica, <i>CI</i> – cromatografia iónica (adaptado de Valente, 2004).	23
Quadro 2.V - Elementos analisados e respetivos limites de deteção para alguns elementos vestigiais (ppm, excluindo os casos em que são referidas percentagens %), (adaptado de Actlabs, 2012).	25
Quadro 3.I – Valores correspondentes ao regime pluviométrico em locais próximos das áreas em estudo, obtidos através de SNIRH (2012). <i>(vc)</i> : Valor calculado pois falha valor introduzido.	33
Quadro 3.II – Composição química média dos granitos do Gerês e dos Carris em elementos maiores, menores (%) e vestigiais (ppm). $Fe_2O_3 \text{ tot} = Fe \text{ total sob a forma de } Fe_2O_3$. $n = n^\circ$ de amostras. - = não determinado para todas as amostras (adaptado de Mendes, 2001).	43
Quadro 3.III – Mineralogia dos diferentes jazigos geneticamente associados com os granitos da serra do Gerês. a) Ferberite (MnO_4 , 5%), b) Wolframite ($6,21\% < MnO < 8,72\%$), c) Por vezes em cristais euédricos, d) Rara (adaptado de Noronha, 1983).	51
Quadro 4.I – Cronograma de legalização da atividade extrativa nos Carris.	62
Quadro 4.II – Dados relativos às três concessões mineiras atribuídas para exploração das Minas de Carris (fonte LGM, 2013).	63
Quadro 4.III – Resumo das extrações mineiras nas Minas dos Carris, Salto do Lobo, relativas a 1972, 1973 e 1979 (fonte LGM, 2013).	67
Quadro 4.IV – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos, no espaço mineiro abandonado Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	71

Quadro 4.V – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 1 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	74
Quadro 4.VI – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 1 (extraído de (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	74
Quadro 4.VII – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 2 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	75
Quadro 4.VIII – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 2 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	75
Quadro 4.IX – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 3 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	78
Quadro 4.X – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 3 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	78
Quadro 4.XI – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 4 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	80
Quadro 4.XII – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 4 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	80
Quadro 4.XIII – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 5 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	81
Quadro 4.XIV – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 5 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	82
Quadro 4.XV – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 2, espaço mineiro Las Sombras.....	88
Quadro 4. XVI – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 3, espaço mineiro Las Sombras.....	89
Quadro 5.I – Área, aproximada, ocupada por acumulação de resíduos e tipo de resíduos acumulados, relativamente ao ano de 2007, nos espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPG, 2011).	93
Quadro 5.II – Observações em superfície polida, ao MOLR, presentes nos veios da amostra do granito dos Carris da figura 5.8.....	98
Quadro 5.III – Observações de sulfossais em lâmina delgada, ao MEV, presentes na amostra do granito dos Carris da figura 5.8.....	99
Quadro 5.IV – Observações de óxidos, em superfície polida ao MOLR, em veios com predominância de óxidos e tungstatos no granito dos Carris da figura 5.9 (A).	100

Quadro 5.V – Intercrescimentos significativos entre minerais tipomórficos da paragéne venular dos Carris da figura 5.9 (A). Observações em MEV (Volframite – molibdenite 85x e 100X; Volframite – cassiterite 80X).....	100
Quadro 5. VI – Minerais da paragéne primária predominantes na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.....	101
Quadro 5.VII – Caracterização do modo de ocorrência dos minerais da paragéne secundária do depósito (deutéricos/supergénicos), os quais, em escombreira, representam as principais heranças de alteração. Observações em lâmina delgada, em MOLR, relativas à amostra de torrão constante na figura 5.10.	102
Quadro 5.VIII – Resultados da análise granulométrica das amostras de estéreis recolhidos na pilha de pré-ustulados de Salto do Lobo - CP _{PUG} (Carris Pilha de Pré-ustulação, material grosseiro) e CP _{PLF} (Carris Pilha de Pré-ustulação, material fino).....	104
Quadro 5.IX – Modo de ocorrência de cada fenómeno de evolução supergénica observado na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.	107
Quadro 5.X – Análise química de estéreis presentes na pilha de pré-ustulados, pH da pasta e condutividade elétrica (CE).....	107
Quadro 5.XI – Resultados da análise granulométrica de uma amostra de estéreis recolhida na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras.....	121
Quadro 5.XII – Análise química de estéreis presentes na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras, pH da pasta e condutividade elétrica (CE).	122
Quadro 5.XIII – Organização geral dos parâmetros de campo: pH, condutividade elétrica (<i>CE</i>), oxigénio dissolvido (<i>O</i>) e potencial de oxidação-redução (<i>Eh</i>), obtidos nas campanhas de maio e outubro de 2010 no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem (ver Quadro 2.I), Fundo regional (Fr) = C _{RC} *.....	125
Quadro 5.XIV – Dados obtidos a partir da análise da alcalinidade total correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem. * - amostra com acidez total de 2,9 mg/L.	126
Quadro 5.XV – Organização geral dos aniões analisados nas campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem.	128
Quadro 5.XVI – Organização geral dos metais e arsénio pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris.....	129
Quadro 5.XVII – Organização geral dos parâmetros de campo: pH, condutividade elétrica (<i>CE</i>), oxigénio dissolvido (<i>O</i>) e potencial de oxidação (<i>Eh</i>) correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010 no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.....	131
Quadro 5. XVIII – Dados obtidos a partir da análise da alcalinidade total correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.....	133

Quadro 5.XIX – Organização geral dos aniões pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.....	133
Quadro 5.XX – Organização geral dos metais e metaloides pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras.	134
Quadro 5.XXI – Síntese de caracterização dos espaços mineiros Carris e Las Sombras.....	136
Quadro 5. XXII – Impacte ambiental nos sítios mineiros Carris e Las Sombras.	137
Quadro 5.XXIII – Síntese estatística da composição química das águas minerais de Gerês, de Lobios, das águas subterrâneas não minerais e das águas superficiais (extraído de Pinheiro, 2011).....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Principais domínios metodológicos aplicados no estudo da influência dos espaços mineiros Carris e Las Sombras nos sistemas drenantes naturais – estudo expedito da drenagem mineira quanto ao equilíbrio mineroquímico e evolução hidrogeoquímica.	13
Figura 2.2 - Elementos contemplados no programa de amostragem (A) e no sistema analítico (B) no âmbito da monitorização da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos.	15
Figura 2.3 - Localização das 21 estações de amostragem (delimitadas pelo retângulo) sujeitas a monitorização para efeitos de avaliação da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos inerentes aos espaços mineiros Carris e Las Sombras (imagem adaptada de Google earth).....	16
Figura 2.4 – Disposição cartográfica das estações de amostragem que fazem parte do esquema de monitorização de Las Sombras. A – Estação relativa ao fundo regional (Rio Homem); B – Estações próximas das minas Las Sombras e do fundo regional Rio Amoreira. Representação sobre extrato da folha 31 da carta topográfica de Portugal. Esc. 1:25 000.	19
Figura 2.5 - Estações próximas das minas dos Carris. A - Estações próximas de Salto do Lobo; B – Estações próximas da área com dispersão de resíduos de Lamalonga; C – Estações mais distantes das minas dos Carris; D – Estação relativa ao fundo regional (Rio Cabril). Representação sobre extratos das folhas 31 e 44 da carta topográfica de Portugal, à escala 1:25 000, produzidas pelos Serviços Cartográficos do Exército.	20
Figura 3.1 - Localização dos espaços mineiros Carris e Las Sombras, com destaque para a área em estudo (fonte PNPg, 2011).	28
Figura 3.2 – Geomorfologia dos espaços mineiros Carris e Las Sombras (imagem adaptada de Google earth).....	30

Figura 3.3 - Hidrografia dos espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPG, 2011). Coordenadas UTM fuso 29-elipsoide internacional – DATUM Europeu.....	31
Figura 3.4 - Zonamento do Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (Parque Nacional Peneda-Gerês, PNPG, e Parque Natural da Baixa Limia-Serra do Xurés, PNBSX), com destaque para os espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPG, 2011).	35
Figura 3.5 - Zonamento do Maciço Ibérico segundo Vera <i>et al.</i> (2004), com especial destaque para a Zona Centro Ibérica e Zona Galiza - Trás-os-Montes, na qual se localiza o Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés, PNBSX, e Parque Nacional da Peneda-Gerês, PNPG), cuja área se encontra delimitada pelo retângulo.	37
Figura 3.6 – Carta geológica regional simplificada a partir da carta espanhola (à escala 1/400 000). A – Enquadramento do Maciço hispânico-português granítico de Lovios-Gerês. B – Extrato com os principais índices e minas do maciço de Lovios-Gerês (adaptado de Cottard, 1979).....	38
Figura 3.7 – Esboço geológico do maciço da Peneda – Gerês (extraído de Mendes, 2001).	39
Figura 3.8 – Mapa do maciço da Peneda-Gerês com a disposição da foliação magmática definida pelos planos {010} dos megacristais de feldspato potássico. Para os planos com direção N-S ou E-W é apenas indicado o valor do seu pendor (extraído de Mendes, 2001).	40
Figura 3.9 – Enquadramento do espaço mineiro Carris. Escala 1/120 000 (fonte PNPG, 2011).....	42
Figura 3.10 – A - Enquadramento dos espaços mineiros Las Sombras e Carris no esquema geológico da região de Las Sombras-Carris de Cottard (1979). B – Afloramento do Granito do Gerês com presença de fluidalidades planares visíveis.	42
Figura 3.11 – A - Concentrações de biotite no granito do Gerês, dentro da galeria principal em Las Sombras; B – Pormenor das concentrações biotíticas.	43
Figura 3.12 – Ilustrações de contactos litológicos entre granitos. Aspectos cromáticos e morfológicos típicos, reconhecidos em Las Sombras: A – Afloramento próximo de cortas, exterior das minas. B - Interior da galeria.	43
Figura 3.13 – Principais fraturas, visíveis sobre fotografia de satélite, do maciço de Peneda-Gerês (extraído de Cottard, 1979).	45
Figura 3.14 – A - Localização dos filões da mina dos Carris (extraído de Moura <i>et al.</i> 2011). B – Excerto da planta topográfica 1:10 000, que acompanhou o relatório de reconhecimento do jazigo subterrâneo (Dossier Mineiro dos Carris - Concessão Salto do Lobo, 1941).	47
Figura 3.15 – Corte norte-sul dos trabalhos mineiros em Las Sombras. Diferentes níveis de exploração, documento “Grupo mineiro, Las Sombras” (adaptado de Cottard, 1979).	47
Figura 3.16 – Esquema geológico e estrutural das principais minas e índices da região fronteiriça da serra do Xurés. Escala 1/15 000. Sistema filoneano de Las Sombras (adaptado de Cottard, 1979).....	48

Figura 3.17 – A – Vénulas de quartzo no seio do sienito. B – Sienito com vénula de volframite. Interior da galeria de Las Sombras.	49
Figura 3.18 – Síntese da análise estrutural detalhada efetuada sobre afloramentos, trincheiras e trabalhos subterrâneos nos feixes venulares de Paulino e Salto do Lobo (pisos 1 e 2) (Moura <i>et al.</i> , 2011).	50
Figura 3.19 – Relações geométricas entre filões, no espaço mineiro Carris. Continuidade entre: pegmatitos com água marinha – enrubescimento do feldspato posstático – veios com volframite e scheelite.	54
Figura 3.20 – Relações geométricas entre fases do espaço mineiro Carris.	54
Figura 3.21 – Fragmentos de “ <i>tout venant</i> ” observados em escombreira, no espaço mineiro Las Sombras.	55
Figura 3.22 – Aspetos das estruturas e mineralizações expressas nas fácies graníticas dos Carris e Las Sombras.	55
Figura 4.1 – A - Planta ds mina de volfrâmio Salto do Lobo (Esc. 1:10 000), B – Planta dos trabalhos de filão (Esc. 1:1000), C – Planta dos trabalhos de aluvião (Esc. 1:1000), D – Corte longitudinal do filão (Esc. 1:1000), E – Planta dos trabalhos da mina Salto do Lobo (Esc. 1:1000) (fonte LGM, 2013).	65
Figura 4.2 – Três cortes longitudinais da Concessão Salto do Lobo, Minas dos Carris. A – Planta dos trabalhos realizados em 1953, até ao 4º piso. B - Planta dos trabalhos realizados em 1956, até ao 6º piso, C - Planta dos trabalhos realizados em 1957, até ao 7º piso (fonte Rui Barbosa, 2013, http://carris-geres.blogspot.com).	65
Figura 4.3 – Planta relativa ao enquadramento geográfico de Lamalonga, Salto do Lobo e Corga das Negras (fonte Rui Barbosa, 2013, http://carris-geres.blogspot.com).	67
Figura 4.4 – Esquema organizacional de identificação/caracterização de infraestruturas mineiras - testemunhos imóveis nos espaços mineiros Carris e Las Sombras.	70
Figura 4.5 – Infraestruturas mineiras do espaço mineiro Carris, representadas em cinco núcleos. Escala 1:8 000 (PNPG, 2011).	70
Figura 4.6 – Quadro de qualificação do património edificado no espaço mineiro abandonado dos Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	70
Figura 4.7 – A - Ponte das Abrótegas com colunas de apoio ao transporte de água. B – Estrada que faz a ligação entre a Portela de Leonte e as Minas dos Carris, com pormenor de uma “coluna”.	71
Figura 4.8 – A - Muro que demarca o espaço mineiro Carris; B – Estrada de acesso ao espaço mineiro Carris.	72
Figura 4.9 - Infraestruturas mineiras do Núcleo 1, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).	72

Figura 4.10 – Planta geral com a localização das construções existentes, relativas à concessão mineira “Salto do Lobo”, escala 1/1000 (desenhado, visto e conferido a 20-02-1944). A – Infraestruturas mineiras do Núcleo 1, Carris; B – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, Carris (fonte LGM, 2013).....	73
Figura 4.11 – A - Refeitório/cantina; B – Dormitório para casais.....	73
Figura 4.12 – Ilustração relativa a uma provável caserna localizada próxima do refeitório (Figura 4.11 B).	73
Figura 4.13 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 2, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	75
Figura 4.14 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	76
Figura 4.15 – Planta relativa ao edifício Secretaria/recepção de minério/cantina (Figura 4.14 nº1) (fonte LNEG, 2013).....	76
Figura 4.16 – Planta da habitação (pessoal superior da mina), Mina “Salto do Lobo”. Esc. 1: 100 (fonte LGM, 2013).	77
Figura 4.17 - Infraestruturas mineiras do Núcleo 4, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	79
Figura 4.18 – A - Edifício de tratamento e separação de minério, em fase inicial (fonte Rui Barbosa e José Rodrigues de Sousa, 2013); B - Edifício de tratamento e separação de minério em ruína (Figura 4.17, nº6).....	79
Figura 4.19 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 5, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).....	81
Figura 4.20 – Diagrama deduzido de processamento de volfrâmio e minério associado. A - Quebragem/britação, moagem e calibragem. B - Separação hidrográvica. C - Flutuação sobre mesas (Baseado em Reis, 1971 e Sr. António Rita, analista químico nas minas da Borralha).	84
Figura 4.21 – A – Canal de recuperação e encaminhamento de água para o tratamento do minério, B - Suporte, possivelmente, de uma mesa de tratamento de minério, C - “Tanque” de decantação.....	85
Figura 4.22 – Concentrados primários calibrados.....	85
Figura 4.23 – A - Localização de um moinho e de dois secadores no edifício de afinagem; B - Suportes, provavelmente, de mesas e de crivos.	86
Figura 4.24 – Infraestruturas mineiras do espaço mineiro Las Sombras, representadas em três núcleos. Escala.....	87
Figura 4.25 – Vestígios da exploração mineira no Núcleo 1, espaço mineiro Las Sombras.....	87
Figura 4.26 – Edifício de apoio à lavra mineira, espaço mineiro Las Sombras.	88

Figura 4. 27 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, espaço mineiro Las Sombras.....	88
Figura 4.28 - Equipamentos pertencentes ao espaço mineiro Las Sombras.	90
Figura 5.1 – Elementos de caracterização de fulcros mineiros potencialmente condicionantes de Impacte Ambiental (IA).....	93
Figura 5.2 – Elementos de caracterização dos efluentes mineiros.....	93
Figura 5.3 – A – Vista panorâmica relativa (imagem do Google earth) do espaço mineiro Carris (desde a represa até à área de dispersão de estêreis na Corga de Lamalonga). Principais locais de acumulação de estêreis: Salto do Lobo (SL), Corga das Negras (CN) e Lamalonga (L); B - Pormenor da área de dispersão de estêreis de Lamalonga (L).....	94
Figura 5.4 – A - Organização geográfica do espaço mineiro Carris com indicação dos principais locais de acumulação de escombros (Salto do Lobo - SL, Corga das Negras - CN e Lamalonga - L). Coordenadas UTM fuso 29-elipsoide internacional – DATUM Europeu. Escala 1/50 000; B – Pormenor cartográfico da Corga de Lamalonga, desenho da massa de escombros acumulado (fonte PNPG, 2011), obtido da imagem C (Google earth).	95
Figura 5.5 – Vista panorâmica de locais de escombros em Salto do Lobo. A – Resíduos muito grosseiros (filão de Salto do Lobo); B - Resíduos de granulometria média a fina (pilha de pré-ustulados) com representação, em pormenor, da escombreira de resíduos pré-ustulados – C.....	96
Figura 5.6 – Organigrama de exploração de minério aplicado no espaço mineiro Carris. QZ - quartzo, FD - feldspatos, MC - micas, CL - clorite, PR - pirite, AR - arsenopirite, CP - calcopirite, BL - blenda, MB - molibdenite, BN - bismutinite, AP - apatite, EP - epidoto, TR - turmalina, BR - berilo, SC - scheelite, VF – volframite.	96
Figura 5.7 – Fragmentos de “ <i>tout venant</i> ” localizados na torva da lavaria do espaço mineiro Carris.	97
Figura 5.8 – Amostra de granito dos Carris com sulfuretos e ausência de enrubescimento. A - Vista perpendicular ao contacto, B – Vista do contacto, C - Observação em MOLR de quartzo (QZ), scheelite (SC), arsenopirite (AR) e cassiterite (CS) (minerais caracterizadores da paragéneses primária).....	98
Figura 5.9 – A – Amostra de granito dos Carris enrubescido e com escassez de sulfuretos; B - Volframite primária, VF (paragéneses primária) observada em lâmina delgada ao MOLR.....	99
Figura 5.10 – Resultados da análise quantitativa de materiais densos na amostra da pilha de pré-ustulados (Salto do Lobo), em lupa binocular (A) e a partir da superfície polida (B). CP _{PUF} – Carris, pilha de pré-ustulados, material desagregado fino.	101
Figura 5.11 – Superfície polida (provete Ø= 2,2 cm) elaborada a partir do torrão crustificado de sulfuretos, recolhido na pilha de pré-ustulados em Salto do Lobo.....	101

Figura 5.12 – Imagens de lâmina polida (relativa ao torrão de sulfuretos) observadas em microscopia ótica. LR – Luz refletida. Aspetos que ilustram a alteração de associações mineralógicas presentes na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.....	103
Figura 5.13 – Curva granulométrica e gráfico de barras referentes às amostras de estéreis recolhidos na pilha de pré-ustulados de Salto do Lobo - CP _{PUF} (A e B, respetivamente) CP _{PUG} (C e D, respetivamente)....	105
Figura 5.14 – Indicadores mineralógicos e ecológicos presentes no efluente com drenagem, junto à pilha de pré-ustulados em Salto do Lobo (Carris). A – Substrato ferruginoso, ferruginização; B – Argilização e crustificação - película sobrenadante; C – <i>Klebsormidium</i> sp..	106
Figura 5.15 – Difractograma de misturas de produtos ocreos relativo à amostra CP _{PUG} , pilha de pré-ustulados, Salto do Lobo. Apresentam-se os valores de d (Å) dos minerais identificados, extraídos do arquivo do ICDD (International Center for Driffaction Data).	108
Figura 5.16 – Imagem microscópica das algas identificadas no efluente com drenagem junto à pilha de pré-ustulados. A - Aglomerado de <i>Klebsormidium</i> sp (ampliação 180x) evidenciando zonas com depósito ferruginoso; B - Filamento ferruginizado (ampliação 440x)	109
Figura 5.17 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco, em Salto do Lobo, Carris.	110
Figura 5.18 – Localização das escombreiras em Corga das Negras, espaço mineiro Carris. A - Próximo da represa dos Carris; B - Zona da Garganta das Negras.....	111
Figura 5.19 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco, em Corga das Negras.	112
Figura 5.20 – A – Acumulação de resíduos provenientes da lavaria, em Salto do Lobo, até à Corga de Lamalonga; B – Pormenor da acumulação de resíduos junto à lavaria. C – Vista parorâmica da área de dispersão de estéreis em Lamalonga.	113
Figura 5.21 – Granulometria dos estéreis existentes nas escombreiras em Lamalonga (extraído de Valente, 2004).....	114
Figura 5.22 – Fotografias aéreas da Corga de Lamalonga – acumulações distais em 1965, 1983, 1994 (extraídas de Valente <i>et al.</i> , 2000) e em 1995 e 2007 (fonte PNPG, 2011). Escala 1: 15 000.....	115
Figura 5.23 – Fotointerpretação das acumulações distais da Corga de Lamalonga. A - Geometria das áreas de estéril descoberto; B - Acumulações distais na Corga de Lamalonga - Evolução temporal da sua dispersão. (Fotointerpretação em 1965, 1983 e 1994 extraídas de Valente <i>et al.</i> , 2000); (Fotointerpretação em 2004, 1995 e 2007, fonte PNPG, 2011). Escala 1/15 000.	115
Figura 5.24 – Fotointerpretação das acumulações distais da Corga da Lamalonga. A - Área de deslocamento ativo (em Valente <i>et al.</i> , 2000 e, atualmente, fonte PNPG, 2011). B - Zonografia do equilíbrio metaestável (extraído de Valente <i>et al.</i> 2000) e em escombreira, ano 2007 (fonte PNPG, 2011). Escala 1/15 000.	116
Figura 5.25 - Vegetação existente na Corga de Lamalonga, essencialmente, matos e vegetação ribeirinha.	117

Figura 5.26 – Avaliação de resíduos em Corga de Lamalonga. Contraste entre o excesso de carga sólida artificial e o meio envolvente.....	118
Figura 5.27 – Localização geográfica do espaço mineiro Las Sombras.	118
Figura 5.28 – Organização geográfica do espaço mineiro Las Sombras com indicação dos principais locais de acumulação de escombros (Escombreira I, Escombreira II e Escombreira III). Coordenadas UTM fuso 29-elipsoide internacional – DATUM Europeu (fonte PNPG, 2001).....	119
Figura 5.29 – Acumulações de resíduos em Las Sombras. A - Escombreira III, B - Escombreira II e C – Escombreira I.	120
Figura 5.30 – Curva granulométrica e gráfico de barras referentes à amostra de estêreis recolhidos na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras.	121
Figura 5.31 – Fotografias aéreas das escombreiras do espaço mineiro Las Sombras – acumulações distais em 1995 e 2007. Escala 1: 15 000 (fonte PNPG, 2011).....	122
Figura 5.32 – Fotointerpretação das acumulações distais no espaço mineiro Las Sombras. A – Geometria das áreas de estéril a descoberto; B - Zonografia do equilíbrio metaestável atual. Projeção de Gauss-Kruger, Elipsoide Hayford, Datum de Lisboa (fonte PNPG, 2011).....	123
Figura 5.33 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco no espaço mineiro Las Sombras.	123
Figura 5.34 – Valores de pH (A) e de condutividade elétrica, <i>CE</i> (B), correspondentes ao espaço mineiro Carris. FR – Fundo regional.....	125
Figura 5.35 – Valores referentes ao anião sulfato, em locais de amostragem do espaço mineiro Carris. FR – Fundo Regional.	128
Figura 5.36 – Valores referentes aos metais zinco (A) e ferro (B), em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Carris. FR- Fundo Regional.....	129
Figura 5.37 – Valores referentes a pH, potencial redox, condutividade elétrica, sulfato, ferro e zinco, em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Carris. FR- Fundo Regional.....	130
Figura 5.38 – Valores de pH (A) e de condutividade elétrica, <i>CE</i> (B) em locais de amostragem referentes ao espaço mineiro Las Sombras. FR – Fundo Regional.....	132
Figura 5.39 – Valores de potencial redox em locais de amostragem referentes ao espaço mineiro Las Sombras. FR – Fundo Regional.....	132
Figura 5.40 – Valores referentes ao anião sulfato em locais de amostragem alusivo ao espaço mineiro Las Sombras. FR - Fundo Regional.	134
Figura 5.41 – Distribuição dos valores referentes ao metal zinco em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Las Sombras. FR- Fundo Regional.	134

1. INTRODUÇÃO

Na região fronteira entre o NW de Portugal e a Galiza existem numerosos vestígios de atividade mineira dirigida ao Sn e W. Disso são exemplo as minas abandonadas dos Carris, situadas no Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG), e as minas Las Sombras, localizadas no Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés (PNBLSX), ambas integradas no Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés. Estes dois complexos mineiros vizinhos incidem sobre sistemas venulares hospedados no maciço granítico pós-tectónico do Gerês.

A área mineira dos Carris drena para SSE, através da Corga da Lamalonga, exercendo a sua influência sobre o sistema fluvial do rio Cabril. Por sua vez, as minas Las Sombras drenam para NNW, afetando o rio Amoreira.

O jazigo mineral dos Carris situa-se na serra do Gerês, freguesia de Cabril, concelho de Montalegre, distrito de Vila Real (Trás-os-Montes) e abrange uma área que inclui o vértice geodésico Carris (com 1507 m de altitude).

O jazigo mineral Las Sombras localiza-se na serra do Xurés, concelho de Lobios (Ourense).

O sistema Mina dos Carris – Rio Cabril (em particular os seus afluentes de carácter torrencial, Corga de Lamalonga e Ribeira das Negras, recetores da drenagem do espaço mineiro) foi proposto para monitorização, como indicador de qualidade ambiental no PNPG, na medida em que o atravessa transversalmente numa das suas porções mais características e sujeitas a um dos estatutos de proteção mais restritivo e, por outro lado, ao longo do seu percurso desenvolvem-se e evoluem formas diversificadas de desequilíbrio com particular incidência ao nível da componente geológica (Valente *et al.*, 2000; Valente, 2004).

Presentemente, tal sistema, juntamente com o sistema Mina Las Sombras – Rio Amoreira/Rio Homem constituem objetos de estudo na presente dissertação.

O impacte atual associado a estes locais-chave pode ser entendido como padrão do máximo desequilíbrio em área protegida, como a do Parque Internacional Gerês-Xurés.

As minas Las Sombras são aqui estudadas numa perspetiva de comparação ou contraponto de dois espaços mineiros (Carris e Las Sombras) localizados muito próximos, com clima semelhante, estatutos de ordenamento territorial parecidos e paragéneses primárias similares. Pertencem a países diferentes (Portugal e Espanha) com contextos administrativos diferenciados. O estudo tem, portanto, um cunho transfronteiriço.

Pela análise do acervo documental das concessões mineiras, Arquivo da Circunscrição Mineira do Norte (CMN), a exploração deste jazigo esteve concessionada à empresa Mina dos Carris.

As concessões que constituíram as Minas dos Carris foram: Salto do Lobo, Corga das Negras nº1 e Lamalonga nº1. Estas produziram, durante vários anos, concentrados de W, Sn e Mo destinados ao mercado externo.

A exploração concessionada do espaço mineiro Carris foi representada por Domingos da Silva Ltda. (primeiro concessionário), Sociedade Mineira dos Castelos Ltda. e Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. (no período mais extenso).

A exploração do jazigo dos Carris atravessou um período de atividade promissor que se pode situar entre 1943 e 1979 (embora na década de 70 a lavra fosse muito irregular).

Pelo acervo documental pode inferir-se que o apogeu das Minas dos Carris se atingiu nos primeiros anos da década de 50, em parte devido à Guerra da Coreia (1950-1953). As concessões vieram a ser revogadas em 1992.

A mineração teve lugar a céu aberto e em lavra subterrânea até aos 155 m de profundidade (7º piso, em Salto do Lobo).

De acordo com um relatório da CMN, “Perspetivas económicas e mineiras da prospeção a realizar na Minas dos Carris”, em 1978, em termos globais ter-se-ão produzido um total de 650 toneladas de concentrados de volframite (valores provavelmente sobrevalorizados) e quantidades reduzidas de molibdénio e estanho, como subprodutos. Os afloramentos filonianos apresentavam uma extensão reconhecida de 1500 m, oferecendo perspetivas da existência presumível de, pelo menos, 80 000 toneladas de reservas potenciais de minério, eventualmente exploráveis à escala industrial.

1.1. Condicionantes de impacte ambiental em espaços mineiros abandonados

Em termos de condicionantes de impacte ambiental (IA) referem-se as naturais (como a geologia e o contexto climático em que se localiza o depósito mineral) e as antrópicas (como as relacionadas com as técnicas de extração dos minérios e consequente tratamento), sendo estas influenciadas pelas condicionantes naturais.

O impacte ambiental associado à atividade extrativa depende do efeito que uma atividade exerce sobre outros usos do território, afetando o estatuto de ordenamento da área em que se localiza.

Relativamente à condicionante geologia é de referir que nos Carris as mineralizações existentes se situam numa zona de cisalhamento principal de um a dois metros de possança, composta por um conjunto de um a oito filões de quartzo mineralizados, onde se destacam os seguintes minerais

principais: volframite, scheelite (subordinada), cassiterite e molibdenite. Pirite, arsenopirite e calcopirite são relativamente escassas, bem como a bismutinite e o bismuto nativo. O teor médio durante a exploração rondava os 0,5-0,8 % WO, 0,07 % Mo, 0,025 % Bi, 0,01 % Sn, e 0,006 % Cu (Weeks, 1979 *in* Moura *et al.*, 2011).

O jazigo dos Carris situa-se num alinhamento estrutural NNW-SSE onde existem outras minas com paragéneses semelhantes, tais como Las Sombras (1,5 km ao norte, em Espanha), Borrageiro (3km para sul) e Borralha (cerca de 20 km para sul) (Moura *et al.*, 2011).

Uma vez que os casos em estudo são únicos em Portugal no que respeita à exploração de volframite em conjunto com molibdenite, é de referir que, segundo Noronha (1982), as mineralizações em Sn estão espacialmente ligadas aos granitos com evolução silico-sódica (diferenciação no domínio dos leucogranitos à qual se sobrepõe uma evolução deutérica, predominantemente, quartzo-albitica). Pelo contrário, as mineralizações em W-Mo associam-se, preferencialmente, aos granitos pertencentes a uma evolução silico-potássica (devido a fenómenos de diferenciação magmática a partir de material de quimismo calcoalcalino a cujas resultantes se sobrepõe uma evolução deutérica com microclinização dominante).

O autor verificou, ainda, que posteriormente à cristalização do conjunto de minerais que considera representativo da fase magmática, se sucederam fenómenos mais tardios (tardimagmáticos) que implicaram modificações nas fases minerais primitivas assim como a formação de novas fases; tais modificações são devidas a fenómenos de evolução deutérica e expressam-se principalmente por uma microclinização e/ou albitização.

De acordo com Valente *et al.* (2000), a componente geológica da avaliação da qualidade ambiental no parque baseia-se no estudo dos desequilíbrios geoquímicos de origem antropica e na caracterização de sistemas sujeitos a mobilização física de partículas.

Os impactes ambientais relacionados com os espaços mineiros em estudo reportam-se, essencialmente, à colocação à superfície de massas significativas de materiais resultantes da exploração de metais sob a forma de escombreiras.

As escombreiras de minas são acumulações de materiais rochosos soltos e rejeitados que foram sujeitos a processos de trituração e tratamento de minérios por separação mineralógica. Estes materiais e determinadas fases minerais, como sulfuretos, ao contactarem com a atmosfera oxidante e sujeitos à percolação de águas pluviais, possuem características fundamentais que elevam notoriamente a sua degradação e reatividade em geral, tais como: permeabilidade e superfície exposta.

Como resultado do tipo de exploração praticado nos espaços mineiros abandonados Carris e Las Sombras existem diferentes tipos de escombrelras, algumas de grande volumetria e despidas de vegetação (nas escombrelras em Las Sombras e Carris, aqui de forma mais evidenciada na Corga de Lamalonga), que estão sujeitas a processos erosivos e aos agentes de meteorização, e outras ricas em sulfuretos (em Salto do Lobo, nos Carris).

De um modo geral, a especificidade do impacte ambiental consequente da indústria mineira provém de variados fatores, pelo que todos os processos aplicados no período compreendido entre o início dos trabalhos de investigação até ao encerramento de uma mina merecem especial atenção.

De acordo com Valente (2004) um dos fatores prende-se com a impossibilidade de repor as condições originais (devido à ocorrência rara dos materiais em causa e das intervenções decorridas na área). O tempo de exploração mineira é também um fator importante dado que quanto mais avançada se tornar a fase de investigação, e consequente concentração dos trabalhos, maior será a variedade de impactes ambientais (como as alterações ambientais nos sistemas naturais). Neste sentido, o tipo de atividade extrativa, o processamento mineral e a condução de resíduos minerais contribuem de forma preponderante no tipo de impacte.

Outro fator prende-se com a etapa de abando de uma mina, ou seja, com a permanência de impacte ambiental após o término da atividade (explorações mineiras abandonadas). Isto porque o processo de encerramento de uma mina conduz à minimização de alguns impactes e ao aparecimento de novos problemas, tais como degradação ambiental (solo, vegetação, água subterrânea e superficial e, ainda, paisagem). Deste modo, a etapa de reabilitação e manutenção após o encerramento (gestão de resíduos, revalorização de recursos e requalificação ambiental) torna-se fulcral.

Quanto a um dos condicionantes do IA , o clima (em particular a precipitação, temperatura e insolação) interfere significativamente na disponibilidade de água, nas condições de drenagem, no controle da cinética de reações de alteração de minerais primários e das neoformações e, por sua vez, no controle de impacte ambiental no meio recetor hídrico e na dispersão de poeiras. Sendo que estes fatores condicionam a evolução de resíduos mineiros e o comportamento de efluentes, determinando a diversificação de impacte ambiental.

Frequentemente são as escombrelras, as lagoas de escorrência de efluentes e as lamas resultantes de processos de decantação os principais focos de poluição, por conterem componentes radioativos ou elementos químicos tóxicos, metais pesados ou ainda por incluírem sulfuretos capazes de reagirem até formarem águas ácidas.

1.2. Locais-chave como padrões de impacto ambiental

De acordo com Valente (2004), no que respeita às condicionantes relacionadas com o estabelecimento de locais-chave como padrões de impacto ambiental destacam-se as relacionadas com o ordenamento do território e com a paragénesis do depósito mineral (Quadro 1.I).

Quadro 1.I – Situações extremas em termos das condicionantes de impacto ambiental, ordenamento do território e paragénesis do depósito mineral.

Condicionante de Impacte Ambiental	Características
Ordenamento do Território	Localização em ambiente protegido – é o caso das minas dos Carris e de Las Sombras, que se localizam numa área sujeita a um dos estatutos de proteção mais restritivo do Parque Nacional da Peneda-Gerês/ Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés – ambiente de reserva parcial.
	Localização em áreas sem estatuto de proteção especial, relativamente aos quais a paragénesis primária é o principal fator de diversificação.
Paragénesis do depósito mineral	Setores com exploração de minérios metálicos, incidente sobre paragéneses ricas em sulfuretos.
	Setores com exploração de minérios metálicos, incidente sobre paragéneses inertes ricas em quartzo e feldspato.

A caracterização estrutural e mineralógica das escombrelas bem como a caracterização geoquímica, ecológica e mineralógica dos ambientes de drenagem constituem, também, aspetos relevantes para a identificação de locais-chave como padrões de impacto ambiental.

Pelo exposto, as minas dos Carris e Las Sombras consideram-se padrões de impacto ambiental. Tal facto verifica-se dada a sua localização, clima e estatuto de ordenamento dos territórios em que se inserem. A caracterização referida baseia-se num conjunto de indicadores de natureza físico-química, ecológica e/ou mineralógica, que são selecionados pela sua adequação descritiva para cada local específico.

1.3. As escombrelas como principais focos de impacto ambiental

Em termos gerais, as escombrelas estão sujeitas a processos de meteorização e erosão que são incrementados pela baixa granulometria dos resíduos e, também por isso, sofrem transformações supergénicas de maior magnitude.

Estas transformações decorrem da interação ar-água-rocha e têm como principais marcadores do termo, e das sucessivas etapas da evolução, os minerais de neoformação supergénica.

Os minerais de neoformação testemunham as principais etapas de evolução e, consequentemente, refletem patamares de estabilidade momentâneos.

Os produtos minerais mais frequentes são os óxidos-hidróxidos de ferro, óxidos metálicos, arsenatos, carbonatos, fosfatos, argilas, sais hidratados e elementos nativos. Concomitantemente, podem formar-se produtos inorgânicos amorfos de natureza coloidal hidratados ou não.

1.4. Influência da atividade mineira em meios recetores hidricos - águas de drenagem ácida

A contaminação aquática por efluentes e resíduos mineiros está normalmente associada à presença de sulfuretos, em desequilíbrio perante as condições de alteração meteórica, expressando-se na formação de águas de drenagem ácida, com elevadas concentrações de ião sulfato e de metais.

A solubilidade de muitos metais pesados dissolvidos é influenciada pelo pH da solução (e.g. Lottermoser, 2003). A geração de um baixo pH nas águas, relacionada com a oxidação de sulfureto a sulfato, incrementa a solubilização de vários elementos.

O pH diminui quando numa solução aquosa estão presentes espécies metais propensas à hidrólise e precipitação em fase de hidróxido, oxihidróxidos e hidróxisulfatos.

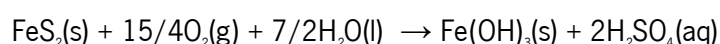
No entanto, a capacidade que a água tem para transportar metais não só é controlada pelo pH mas também pelo potencial redox (Eh). Metais como o crómio e o molibdénio ou urânio são muito mais solúveis em estados oxidados do que em estados reduzidos. Este facto compreende-se, mais facilmente, a partir de diagramas Eh – pH, pois mostram a estabilidade dos minerais em condições particulares de Eh – pH e ainda as espécies químicas presentes numa solução.

Quando há neutralização de águas de drenagem ácida, as águas neutras ou alcalinas são conhecidas por conterem elevadas concentrações de metais e metalóides (Lottermoser, 2003).

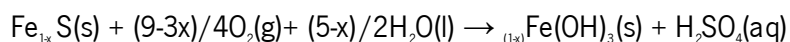
A meteorização química dos sulfuretos polimetálicos dá-se através de uma série de reações químicas interligadas. É ao longo destas reações que os diferentes contaminantes vão sendo libertados, quer no interior da mina quer na escombreira, para o ciclo hídrico, tornando-se móveis e, consequentemente, acessíveis como potenciais solutos tóxicos (Younger *et al.*, 2002).

Do conjunto de sulfuretos comuns, a oxidação e dissolução da pirite (FeS₂) constituem a principal fonte de acidez das águas de escorrência das escombreiras.

O processo de oxidação da pirite inclui a seguinte equação:



Também a pirrotite, como uma fase de elevada reatividade, constitui uma fonte de acidez. A sua reação de oxidação encontra-se representada na seguinte equação:



Nestas equações, os produtos indicam a formação típica de minerais secundários de ferro, entre os quais Fe(OH)_3 e de uma solução ácida (pela produção de H_2SO_4).

A contaminação veiculada pela drenagem ácida é assim o principal fator de degradação da qualidade ambiental associada às escombrelas abandonadas.

Compreende-se, pois, que a existência de escombrelas e de infraestruturas mineiras de apoio à lavra muito degradadas sejam particularmente penalizantes em áreas protegidas, como é o caso da área de proteção restrita do Parque Nacional da Peneda-Gerês onde se insere a mina dos Carris e, ainda, do Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés que integra as minas dos Carris e Las Sombras.

O inventário do património edificado dos dois espaços mineiros abandonados ou devolutos e a sua valorização são fatores que podem contribuir para minimizar os efeitos depreciadores da qualidade ambiental.

1.5. Património Geomineiro

Segundo Custódio (1993), o património mineiro inclui todos os vestígios materiais e imateriais da atividade mineira que contribuíram para a exploração de um determinado recurso mineral, num determinado território e num dado contexto histórico.

Nesta aceção, podem designar-se como vestígios materiais as infraestruturas relacionadas com a exploração mineira, de superfície e subterrâneas.

Os vestígios podem constituir-se como monumentos técnicos da mina se deles for feito um aproveitamento museológico.

No conjunto dos vestígios materiais distinguem-se os trabalhos de escavação, as infraestruturas de apoio à lavra e de tratamento dos minérios, as dependências logísticas e administrativas e as instalações de acomodação da população mineira. Estes vestígios enquadram-se na organização e planeamento específicos de uma mina, com uma atividade e identidade próprias. São também considerados nesta tipologia os locais e objetos geológicos revelados no decorrer da mineração: frentes de desmonte, material extraído, transportado, tratado e acumulado sob a forma de rejeitos.

Desdobrando a tipologia proposta por Custódio (1993), consideram-se como vestígios materiais móveis: maquinaria de extração, transporte e tratamento, ferramentas, sinalética específica (e, muitas vezes, peculiar), coleções de minerais (conservados por representatividade ou recolhidos para análise), logs de sondagem, concentrados de bateia, entre outros. Estes vestígios materiais

móveis tornam-se, segundo o autor, “ indispensáveis numa correta política de valorização do património mineiro, visto que, sem o seu concurso, será mais difícil compreender, explicar e proteger as evidências de campo”.

É também de interesse patrimonial o acervo documental – privado e público – que representa um dos mais importantes testemunhos do funcionamento mineiro passado, com referências espaciais ao depósito, ao processo extrativo e de tratamento, para lá do seu valor historiográfico e de caracterização socioeconómica (Alves *et al.*, 2007).

Os arquivos mineiros estatais integram os dossiês de concessão, com cariz técnico e económico-administrativo. Nestes dossiês incluem-se relatórios técnicos, autos de visita, mapas de avanço de desmonte (sob cartografia mineira e geológica a várias escalas), além dos documentos burocráticos, da administração e fiscalização mineira. No seu todo assinalam um ou mais períodos históricos, com as suas marcas técnicas e industriais.

Segundo Custódio (1993), “a sua valorização constitui uma importante contribuição das Ciências Humanas, no campo da Arqueologia Mineira e Industrial. Daí que os Arquivos Mineiros forneçam pistas para o reconhecimento objetivo e sistemático da realidade mineira nas suas diferentes perspetivas de atuação social e económica.

Os vestígios mineiros imateriais, outro termo da tipologia de Custódio (1993), permitem a caracterização do funcionamento mineiro segundo registos de memória dos seus agentes vivos, muito embora esta caracterização implique estratégias de recolha e de análise articuladas com o acervo documental (Alves *et al.*, 2009).

Todavia, como refere Godinho (2007), “a reconstrução, feita pelos envolvidos, de determinado momento das suas vidas, em comparação com a que se efetua a partir das fontes (documentais) ao dispor do investigador, permite relevar os limites da história documental”. Assim, os vestígios imateriais podem reconhecer-se na memória das sociedades, traduzidos como “cultura da mina” mais ou menos enraizada e autoidentificada. Esta exprime as relações laborais, técnicas, económicas, sociais e culturais das comunidades mineiras, tanto no período da exploração como após o seu abandono.

A recolha de registos de memória requer instrumentos apropriados e metodologias de análise específicas, que se coadunem com os diferentes graus de bloqueio, de esquecimento e de desordem natural, próprias da idade avançada dos que ainda podem testemunhar o funcionamento de minas de meados do séc XX.

O conceito de comunidade, nas Ciências Sociais, surge para designar um tipo de formação social. Os indivíduos que integram uma comunidade estabelecem relações diretas, marcadas pela partilha de valores comuns e por uma certa homogeneidade, ou traço distintivo. Pode referir-se a um grupo de pessoas que se concentra num mesmo local por um elemento concreto, sendo que no caso em apreço é a mina.

Ao fator espaço associa-se a frequência das relações estabelecidas e a visão de unicidade a um objeto, para o qual se dirige uma intenção comum. Assim, a designação de comunidade mineira relaciona-se com a localização geográfica da mina, em concessões ou fulcros de exploração furtiva, com práticas de mineração empregues e distribuídas entre os trabalhadores, tendo em vista, e como intenção fundamental, o aumento de qualidade de vida em período de grande escassez de bens essenciais.

As memórias sobre o tempo que passou, como menciona Fonseca (2007), são primordialmente estruturadas no quadro de pertença de um grupo e não apenas individualmente. Daí que, na recolha de vestígios imateriais, traduzidos como memórias fragmentárias na voz de cada agente mineiro, ganha mais significado a análise na perspetiva do grupo.

À luz do que vigora na Lei nº107/2001, que estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural, o património mineiro e industrial é uma vertente do património cultural. Inclui como interesses culturais relevantes: o histórico, o paleontológico, o arqueológico, o arquitetónico, o linguístico, o documental, o artístico, o etnográfico, o científico, o social, o industrial ou técnico. Também o património cultural deverá refletir “valores de memória, antiguidade, autenticidade, originalidade, raridade, singularidade ou exemplaridade” (Lei nº107/2001, n.º3, art. 2º).

Integram igualmente o património cultural os bens imateriais que constituam parcelas estruturantes da identidade e da memória coletiva portuguesa” (Lei nº107/2001, n.º4, art. 2º) e “não só o conjunto de bens materiais e imateriais de interesse cultural relevante, mas também, quando for caso disso, os respetivos contextos que, pelo seu valor de testemunho, possuam com aqueles uma relação interpretativa e informativa” (Lei nº107/2001, n.º6, art. 2º).

Pode dizer-se que as explorações mineiras – desde as que manifestam evidências difusas e abordagens informais até àquelas que foram mais estruturadas tecnicamente – podem qualificar-se como valores patrimoniais em que o interesse cultural é de índole histórica, arqueológica, arquitetónica, documental, científica, social, industrial e técnica.

A natureza dos vestígios materiais/imateriais está intimamente ligada com o recurso explorado e o contexto socioeconómico em que se processava a exploração. Estas duas vertentes conjugam-se aquando da valorização do património cultural da mina.

No que respeita ao património natural, este está circunscrito na Rede Nacional de Áreas Protegidas que vem sendo alargada desde a sua primeira formulação legal (Decreto-Lei nº 19/93).

O domínio funcional e representativo dos espaços mineiros não entra nas classificações atribuíveis pela conservação e proteção da Natureza, muito embora espacialmente inclua áreas mineiras (exemplo do Parque Nacional Peneda-Gerês em que se inscrevem as emblemáticas minas de W e Mo dos Carris).

Mais recentemente, o Decreto-lei n.º 142/2008 passou a incluir enquadramento específico direcionado à valorização e salvaguarda de objetos e locais com singularidade geológica, dentro do que se designou como “valores naturais”. Estes dizem respeito aos “elementos da biodiversidade, paisagens, territórios, habitats ou geossítios”.

Neste novo regime de conservação da Natureza e da biodiversidade são estabelecidos os termos: “geossítio: área de ocorrência de elementos geológicos com reconhecido valor científico, educativo, estético e cultural” e “património geológico: conjunto de geossítios que ocorrem numa determinada área e que inclui o património geomorfológico, paleontológico, mineralógico, petrológico, estratigráfico, tectónico, hidrogeológico e pedológico, entre outros”. Com esta formulação não é explícito o valor atribuído ao espaço-mina, enquanto local privilegiado de observação e reconhecimento de objetos e fenómenos então considerados como valores naturais.

Na aplicação de ambas as Leis – património cultural e natural – são incentivados atos de inventariação e levantamento sistemático, atualizado e exaustivo dos bens/objetos/sítios culturais/naturais que podem estar no domínio espacial das explorações mineiras. Muito embora o seu reconhecimento como unidades específicas não venha conferido em planos de salvaguarda e de valorização patrimonial.

Mediante o exposto, na presente dissertação, pretende-se estabelecer uma relação causa-efeito entre a atividade mineira desenvolvida nos espaços mineiros Carris e Las Sombras e a qualidade dos cursos de água existentes na área. Este trabalho de investigação envolve uma análise cuidada dos efluentes mineiros, a sua monitorização (mediante determinados parâmetros, principalmente físico-químicos e biológicos) e, também, uma análise genérica das escomboreiras. Assim, o tema central desta tese é a avaliação da qualidade ambiental dos sistemas fluviais afetados pela atividade

extrativa na mina dos Carris e de Las Sombras, sendo de detetar eventuais diferenças nas componentes de caracterização do impacte destes dois complexos mineiros abandonados.

Uma vez que os dois espaços mineiros dificilmente serão reabilitados para lavra mineira, a caracterização dos mesmos deve cingir-se, sobretudo, à caracterização dos espaços atendendo ao património e ao ambiente, o que constitui um trabalho de investigação enquadrado a todos os níveis abrangidos no Mestrado de Ordenamento e Valorização de Recursos Geológicos.

Assim sendo, estabeleceram-se os seguintes objetivos:

- enquadrar geologicamente e caracterizar os espaços mineiros abandonados, Carris e Las Sombras;
- identificar, caracterizar e cartografar as escombreyas e outras infraestruturas mineiras de apoio à lavra;
- caracterizar as paragéneses primárias e secundárias presentes nas escombreyas;
- avaliar o estado de preservação/degradação de infraestruturas construídas e respetivas condições de segurança;
- proceder à monitorização dos sistemas fluviais recetores da drenagem mineira, através de uma rede de amostragem, previamente estabelecida;
- prever e quantificar o potencial de geração de drenagem ácida das escombreyas:
 - i. identificar fenómenos de atenuação natural da contaminação, nomeadamente de natureza biológica (algas acidófilas) e mineralógica (salinização, ferruginização e crustificação);
 - ii. cartografar a dispersão da contaminação nos dois sistemas fluviais, rio Cabril e rio Amoreira;
 - iii. proceder a uma análise comparativa das componentes de caracterização do impacte nos dois espaços mineiros e correlacioná-las com características de natureza diversa, designadamente, geológica, paragenética, geotécnica e microclimática.

1.6. Estruturação da tese

A estruturação da tese encaminha a apresentação dos resultados no sentido do seu objetivo fundamental – qualificação do impacte ambiental das minas abandonadas Carris e Las Sombras, localizadas no Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, nos sistemas humanizados e naturais, em concreto sistemas fluviais do rio Cabril e do rio Amoreira. Deste modo, passam a descrever-se, sumariamente, os aspetos tratados em cada um dos capítulos contemplados nesta dissertação.

O capítulo 1 – *Introdução* - de índole genérica, no qual se situou o problema em estudo no âmbito da geoquímica e da mineralogia, e das questões relacionadas com a avaliação do impacte ambiental e da valorização do património geomineiro. Discriminam-se as condicionantes de impacte ambiental e as características dos locais-chave como padrões de impacte ambiental, caracteriza-se o estado atual e a evolução sofrida pela atividade extrativa reportada aos dois espaços mineiros referidos, em território do Parque Nacional da Peneda-Gerês (mina dos Carris) e Parque Natural Baixa-Limia Serra do Xurés (mina Las Sombras).

O estabelecimento de sistemas de monitorização, que representem adequadamente os sistemas ambientais em análise é dificultado pela natureza peculiar dos materiais a caracterizar e pela acessibilidade aos diferentes pontos de amostragem. Por isso, adotou-se um conjunto de métodos de investigação que, embora emanados de diferentes domínios – topografia, geomorfologia, minero-química, hidro-geoquímica de superfície e estatística – se afigura convergente e eficaz para caracterizar o equilíbrio natural dos sistemas fluviais e das escombreyras e outros vestígios da atividade extrativa – escavações e edificações. É sobre estes aspetos que se debruça o capítulo 2 – *Métodos instrumentais e de análise descritiva*.

No capítulo 3 – *Geografia e Geologia dos espaços mineiros Carris e Las Sombras* – apresenta-se o enquadramento regional dos espaços mineiros, focando aspetos climáticos, geomorfológicos, geológicos, mineralógicos, hidrológicos, topográficos e de ordenamento do território.

O capítulo 4 - *Contexto histórico e económico da exploração mineira em Carris e Las Sombras* – contempla o inventário e a avaliação do estado do património mineiro remanescente e, ainda, algumas notas sobre o acervo documental atribuído aos Carris, bem como, a dedução das práticas de exploração e beneficiação do minério neste sítio. Dada a dificuldade encontrada em aceder ao acervo documental atribuído a Las Sombras, uma vez que este se encontra em posse de entidades espanholas, proceder-se-á somente à discriminação do património edificado e equipamentos do espaço mineiro, que se observam no terreno.

No capítulo 5 - *Impacte ambiental e risco* - apresenta-se a caracterização das escombreyras dos dois espaços mineiros, a qual atende a aspetos como: condições de acumulação dos resíduos, propriedades dos resíduos (em que se descrevem as associações mineralógicas típicas herdadas do depósito primário – paragénese primárias – e se processa a petrografia das neoformações mineralógicas em pilha de resíduos), evolução geoquímica e mineralógica e avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras. Seguidamente, procede-se à descrição das propriedades dos efluentes nos espaços mineiros – análise comparativa.

Por último, no capítulo 6 – *Considerações finais* – faz-se referência às principais conclusões retiradas a partir do presente trabalho de investigação. Desta forma, estabelece-se a ligação entre uma perspetiva analítica, dedicada à evolução de diferentes materiais geológicos, e uma perspetiva de caracterização do acervo e espólio patrimoniais (permanência de vestígios arquitetónicos da atividade industrial mineira), especialmente relevante quando se considera a valorização abrangente e integrativa do património natural e construído da área protegida correspondente ao PNPG e Parque transfronteiriço Gerês-Xurés.

2. MÉTODOS INSTRUMENTAIS E DE ANÁLISE DESCRITIVA

Uma parte importante do presente trabalho pretende esclarecer a influência dos espaços mineiros abandonados - Carris e Las Sombras – sobre a evolução dos meios recetores da drenagem mineira superficial.

Para isso adotou-se um conjunto de métodos de investigação, que emanados de diferentes domínios (Figura 2.1), fosse, no entanto, convergente e eficaz para caracterizar o estado de equilíbrio dos meios recetores hídricos e das escombrelas e/ou resíduos da atividade extrativa.



Figura 2.1 – Principais domínios metodológicos aplicados no estudo da influência dos espaços mineiros Carris e Las Sombras nos sistemas drenantes naturais – estudo expedito da drenagem mineira quanto ao equilíbrio mineroquímico e evolução hidrogeoquímica.

Quanto ao impacto ambiental associado à atividade extrativa, as situações mais preocupantes podem considerar-se expressas nos balanços químicos naturais e, em particular, nos desequilíbrios aí detetados. Neste contexto, a análise da água que drena as áreas mineiras torna-se fundamental. Neste caso, a acidificação das escorrências, revelada pela dispersão espacial dos baixos valores de pH, é um dos indicadores mais fidedignos de desequilíbrio até porque pode desencadear efeitos em cadeia no ecossistema envolvente.

Para além da água, outros materiais foram objeto de estudo: amostras de “*tout venant*”, produtos de trituração, resíduos diversos mais ou menos dispersos e materiais com tratamento interrompido, aqui referidos como pré-ustulados.

Entendem-se por pré-ustulados os produtos já cominuídos, até ao diâmetro de libertação dos tungstatos úteis (volframite e scheelite), que estão particularmente enriquecidos em sulfuretos. Destinavam-se à ustulação que não teve lugar.

No espaço mineiro Carris existe uma pequena pilha com concentrados deste tipo que, sendo muito ricos em pirite, calcopirite e pirrotite (além de outros sulfuretos), evidenciam uma evolução oxidativa singular, geradora de acidez nas escorrências superficiais.

Adicionalmente, o estudo considera alguns materiais biológicos (especialmente algas), como indicadores ecológicos de qualidade da água nas escorrências.

O estudo dos diversos materiais atende aos efeitos de escala, modo de ocorrência, composição química e mineralógica e, ainda, modo de colheita, origem e natureza das amostras.

De um modo geral, a caracterização das amostras envolveu a realização de trabalho em campo e/ou em laboratório.

A natureza reativa de alguns materiais, que determina a instabilidade das amostras, obrigou a procedimentos de colheita como os que são descritos em Valente (2004), onde também é considerado o sistema Minas dos Carris – Rio Cabril.

Uma vez que os desequilíbrios aqui considerados têm origem nos materiais mobilizados pela exploração mineira, à metodologia dedicada aos resíduos mineiros foi acrescentado o conjunto de métodos descritivos dedicados ao património mineiro (escavações e edificações), estabelecendo, assim, a ligação de uma perspetiva analítica dedicada à evolução de diferentes materiais geológicos a uma perspetiva patrimonial (permanência de vestígios arquitetónicos da atividade industrial mineira) que podem constituir um património arquitetónico útil, especialmente, quando se considera a valorização abrangente do património natural e construído da área protegida correspondente ao Parque Nacional da Peneda-Gerês e, também, do Parque Transfronteiriço Gerês – Xurés.

2.1. Monitorização da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos

A monitorização dos ambientes de drenagem englobou um programa de amostragem e um conjunto de protocolos analíticos - sistema analítico - os quais compreendem um diversificado conjunto de elementos representados como parâmetros geoquímicos, como se pode observar na figura 2.2.

De um modo geral, contemplaram-se métodos já estabelecidos dado que a natureza dos efluentes não obrigou a adaptações substanciais (Valente *et al.*, 2011).

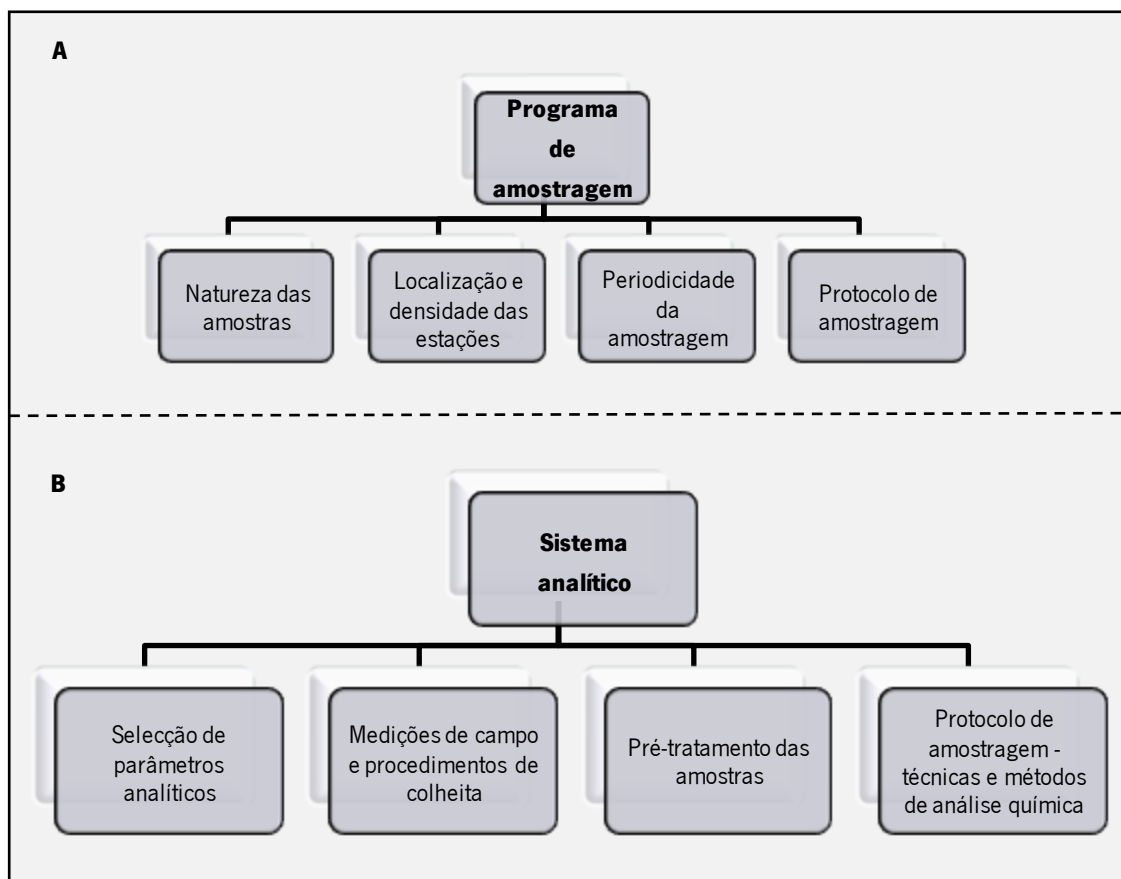


Figura 2.2 - Elementos contemplados no programa de amostragem (A) e no sistema analítico (B) no âmbito da monitorização da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos.

2.1.1. Protocolo de amostragem

Ao estabelecer o programa de amostragem foi necessário ponderar aspetos relacionados com configuração da rede hidrográfica e com condições do sistema recetor de drenagem superficial, nomeadamente, a localização e densidade de afluentes, a disponibilidade de água condicionada por efeitos sazonais, o trajeto dos efluentes e acessibilidade.

No que respeita à natureza das amostras recolheram-se, em campo, amostras de materiais geológicos e de materiais biológicos (em particular algas aquáticas macroscópicas) em meios como águas superficiais de escorrência natural e efluentes mineiros.

Em relação aos produtos de neoformação mineralógica supergénica, contemplaram-se dois tipos de amostras:

- amostras de materiais com elevado grau de hidratação, presentes na interface água-ar, e que constituem películas sobrenadantes;
- amostras de produtos ocre que manifestavam diferentes graus de evolução, nomeadamente em termos de crustificação (materiais soltos, placas e pátinas frágeis e crustificações duras).

Em termos de localização e densidade das estações definiram-se, previamente, 21 estações de amostragem (Figura 2.3), que constituem locais fixos para a medição *in situ* de parâmetros de campo e para a colheita de materiais destinados a análise laboratorial.

Teve-se em consideração aspetos como:

1. regime de escoamento e acessibilidade dos meios recetores;
2. suscetibilidade ecológica e estatuto de proteção do meio aquático;
3. diversidade de focos de impacte ambiental;
4. variabilidade dos efluentes.

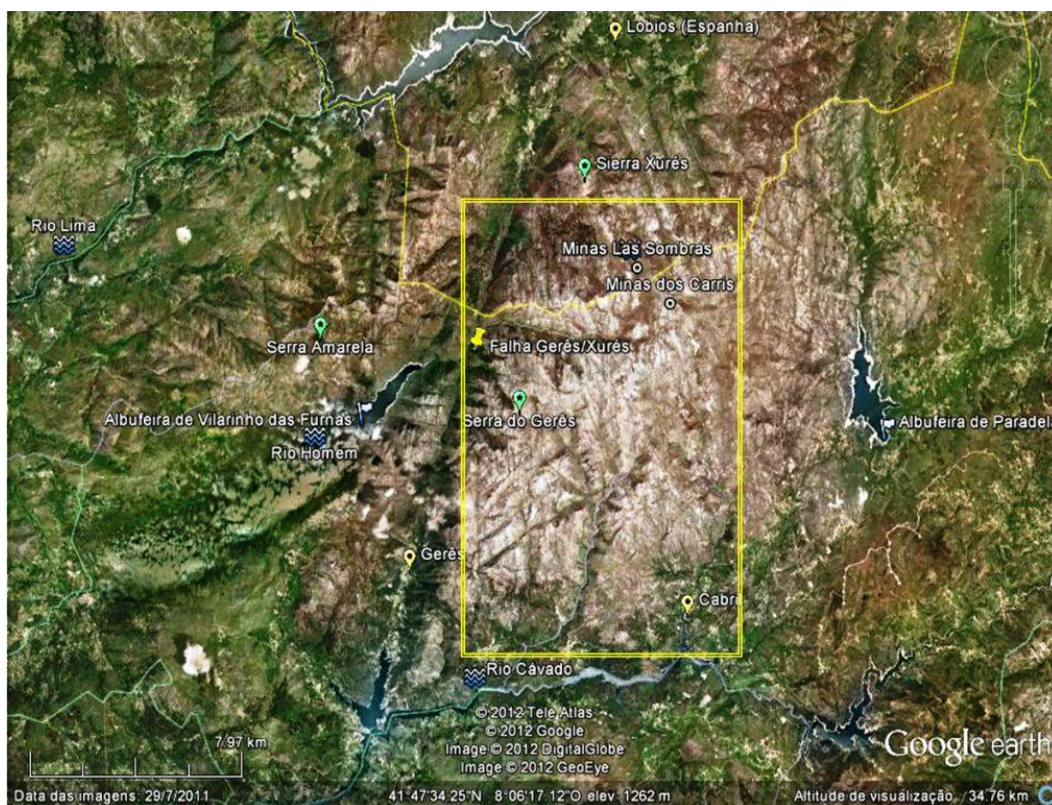


Figura 2.3 - Localização das 21 estações de amostragem (delimitadas pelo retângulo) sujeitas a monitorização para efeitos de avaliação da qualidade dos efluentes e dos meios recetores hídricos inerentes aos espaços mineiros Carris e Las Sombras (imagem adaptada de Google earth).

Das 21 estações, 15 situam-se na área do espaço mineiro Carris (Quadro 2.I) e 6 localizam-se na área envolvente ao espaço mineiro Las Sombras (Quadro 2.II). Contemplam as principais linhas de água recetoras da drenagem mineira - principalmente zonas de escombreira (locais com escoamento superficial e com exurgência de águas de infiltração) e saídas de galeria – e, também, o fundo regional (pontos de água representativos das características regionais na ausência de contaminação).

Os diversos pontos de amostragem a montante e a jusante da confluência com os efluentes mineiros ou com linhas de água recetoras permitem uma avaliação mais concreta do impacto dos efluentes mineiros nos sistemas fluviais envolventes e relativos aos rios Cabril (recetor da drenagem dos Carris) e Amoreira/Homem (recetor da drenagem de Las Sombras).

Para um maior pormenor no que concerne à localização das estações de amostragem, nas figuras 2.4 e 2.5 apresenta-se a disposição cartográfica das mesmas.

A figura 2.4 refere-se à estação relativa ao Rio Homem (fundo regional) (A), a montante da confluência, e, ainda, às estações situadas na área de dispersão das escombreyras de Las Sombras e da qualidade de água no rio Amoreira, fundo regional (B).

Dado o maior número de estações de amostragem, bem como a maior área de monitorização, as figuras 2.5 (A, B, C e D) correspondem às estações situadas na área de dispersão das escombreyras dos Carris e incluem estações representativas da qualidade da água no rio Cabril. Também está localizada uma estação onde se julga estar expressa a água mais típica do fundo regional, no Rio Cabril (2.5 D), que é a principal linha de água recetora da drenagem.

As estações encontram-se representadas sobre extratos manipulados a partir de uma base topográfica correspondente à cobertura à escala 1:25 000 da Carta Topográfica de Portugal produzida pelos Serviços Cartográficos do Exército.

A periodicidade da amostragem foi estabelecida atendendo aos resultados obtidos no mesmo sistema e descritos em Valente (2004).

Definiram-se dois períodos de amostragem e acompanhamento da variabilidade sazonal dos parâmetros indicadores da qualidade da água: maio de 2010 e outubro de 2010. Esta periodicidade abrange os dois espaços mineiros – Carris e Las Sombras. Ambos tiveram origem em compartimentos de maciço bastante semelhantes quanto à geologia e hidrologia e, no que concerne ao ordenamento do território, encontram-se localizadas na mesma unidade, o Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés.







Ainda relativamente à amostragem seleccionaram-se procedimentos que pudessem ser, tanto quanto possível, reprodutíveis dando especial atenção à localização e acessibilidade às estações de amostragem. Cada campanha foi realizada em dois dias consecutivos ou muito próximos.

O início de cada campanha decorreu em período matinal no sentido de reduzir os efeitos de eventuais reações biológicas ou fotoquímicas, especialmente influentes sobre o ciclo do ferro (Valente *et al.*, 2011).

Quadro 2.1 – Localização das quinze estações de amostragem inerentes ao espaço mineiro Carris (constantes no mapa da Figura 2.5). Coordenadas calibradas para datun WGS 84.

Estação de Amostragem	Coordenadas GPS	Localização	Observações	Ilustração do local
C _{PCN}	41° 48' 03.30" N 08° 03' 03.64" O 1349 m	Ponte de Cabana Nova	Próximo dos currais das Abrótegas – Ponte das Águas Chocas	
C _{G1}	41° 48' 33.17" N 08° 02' 33.89" O 1386 m	Galeria 1 Salto do Lobo	Entrada na mina Salto do Lobo, através de um armazém	
C _{G2}	41° 48' 39.75" N 08° 02' 37.87" O 1384 m	Galeria 2 Salto do Lobo	Galeria junto à pilha de pré-ustulados	
C _{L1}	41° 48' 52.29" N 08° 02' 43.14" O 1439 m	Lagoa dos Carris 1	Escorrência de água da lagoa dos Carris	
C _{L2}	41° 48' 58.11" N 08° 02' 47.57" O 1462 m	Lagoa dos Carris 2	Escorrência em frente à cumeada da Nevosa	
C _E	41° 48' 38.28" N 08° 02' 35.48" O 1402 m	Abaixo da pilha de pré-ustulados/escombreira	Em frente à lavaria de beneficiação	
C _{GN}	41° 48' 49.73" N 08° 02' 29.41" O 1292m	Galeria da Corga das Negras	“Saída de emergência” da Mina dos Carris. Ribeira das Negras	
C _{CL}	41° 48' 07.10" N 08° 02' 11.91" O 1226 m	Corga Lamalonga	“Em frente” à lavaria e próximo de um azevinho	
C _{SL}	41° 47' 42.71" N 08° 02' 03.02" O 1225 m	Sesta de Lamalonga	Muita vegetação	
C _{RP}	41° 47' 25.92" N 08° 02' 19.33" O 1235m	Ribeira da Pala	Fragmentos de granito do Gerês arredondados	
C _{LM1}	41° 45' 47.64" N 08° 02' 41.88" O 1150 m	Lagoa de Marinho (1)	Escorrência de água em direção ao Borrageiro	
C _{LM2}	41° 45' 38.19" N 08° 02' 51.33" O 1150 m	Lagoa de Marinho (2)	Segunda lagoa, ao lado do estradão	
C _{PS}	41° 45' 45.52" N 08° 01' 47.77" O 821 m	Ponte Sabroso	Por baixo da ponte	
C _{PC}	41° 45' 32.95" N 08° 01' 17.11" O 842 m	Ponte Cocão	Por baixo da ponte	
C _{RC}	41° 42' 37.03" N 08° 02' 13.13" O 278 m	Rio Cabril (Fundo Regional)	Localidade de S. Ane	

Quadro 2.II – Localização das seis estações de amostragem inerentes ao espaço mineiro Las Sombras (constantes no mapa da Figura 2.4). Coordenadas calibradas para datun WGS 84.

Estação de Amostragem	Coordenadas GPS	Localização	Observações	Ilustração do local
S _G	41° 49' 22.67" N 08° 03' 33.76" O 1220 m	Galeria	Parte da entrada encontra-se vedada com blocos de cimento	
S _R	41° 49' 22.73" N 08° 03' 32.14" O 1241 m	Escorrência acima da galeria	Escorrência rodeada de vegetação	
S _{RAE}	41° 49' 23.06" N 08° 03' 40.82" O 1172 m	Rio Amoreira	Abaixo da escombreira maior	
S _{RE}	41° 49' 48.54" N 08° 03' 52.84" O 1062 m	"Riacho"	Junto ao estradão próximo da mina	
S _{PA}	41° 49' 54.28" N 08° 03' 55.68" O 1042 m	Ponte do rio Amoreira	Por baixo do pinheiro	
S _{RH}	41° 47' 38.27" N 08° 03' 38.33" O 652 m	Rio Homem (Fundo Regional)	Mata da Albergaria	

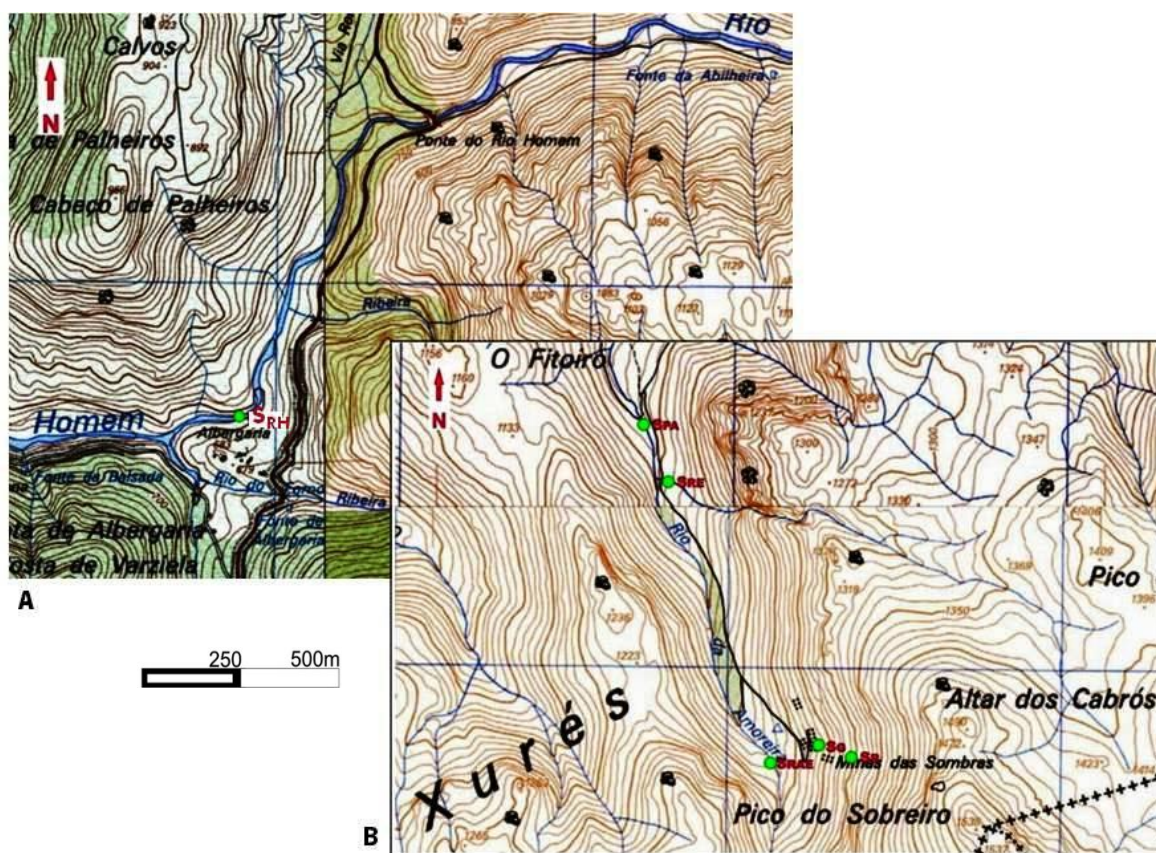


Figura 2.4 – Disposição cartográfica das estações de amostragem que fazem parte do esquema de monitorização de Las Sombras. **A** – Estação relativa ao fundo regional (Rio Homem); **B** – Estações próximas das minas Las Sombras e do fundo regional Rio Amoreira. Representação sobre extrato da folha 31 da carta topográfica de Portugal. Esc. 1:25 000.

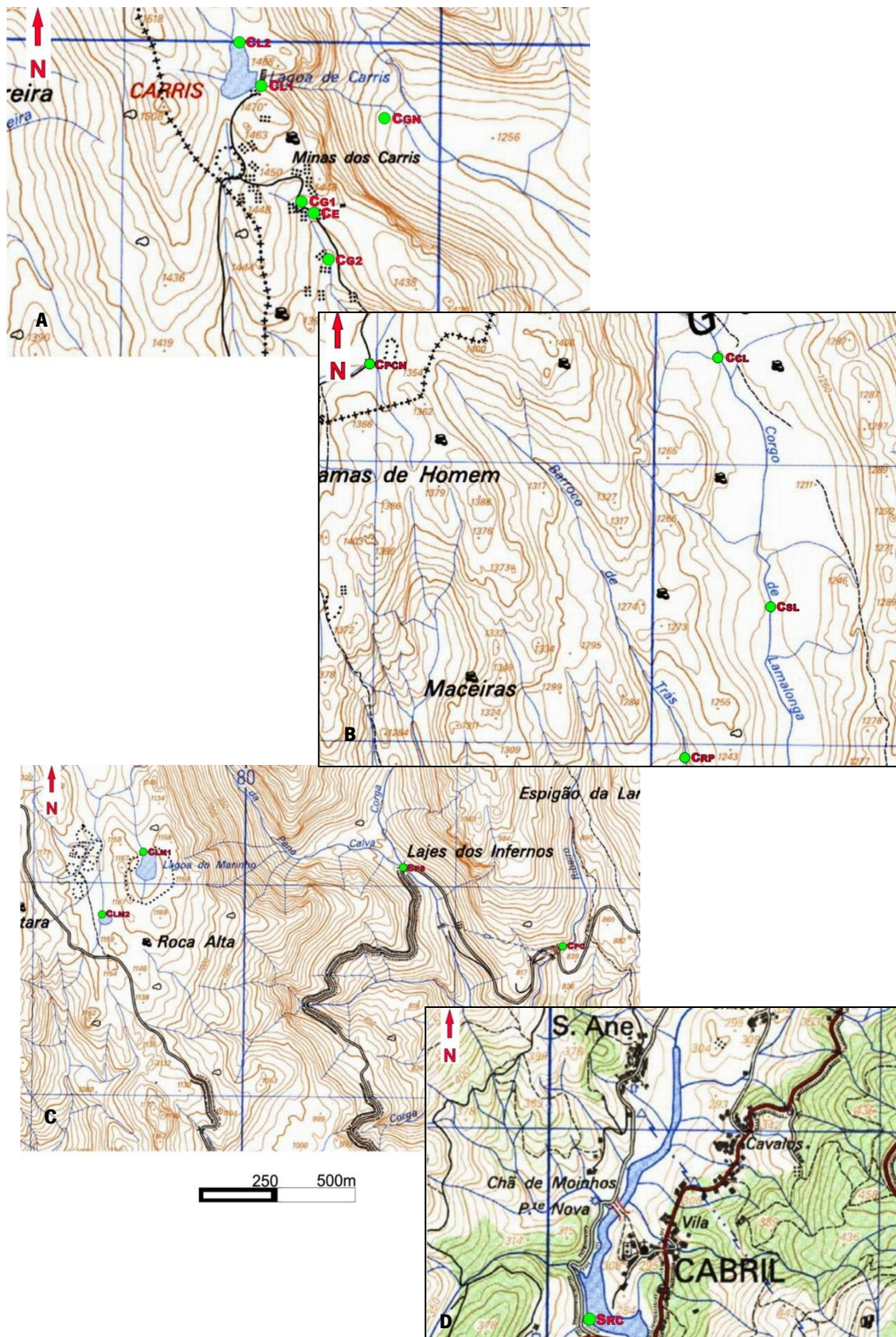


Figura 2.5 - Estações próximas das minas dos Carris. **A** - Estações próximas de Salto do Lobo; **B** - Estações próximas da área com dispersão de resíduos de Lamalonga; **C** - Estações mais distantes das minas dos Carris; **D** - Estação relativa ao fundo regional (Rio Cabril). Representação sobre extratos das folhas 31 e 44 da carta topográfica de Portugal, à escala 1:25 000, produzidas pelos Serviços Cartográficos do Exército.

De acordo com o protocolo de amostragem cada recolha de água envolveu a porção superficial do escoamento e a amostra foi colocada em recipientes de armazenamento específicos – recipientes de polietileno de alta densidade, preparados de acordo com a norma ASTM 5245 (ASTM, 1992, *in* Valente, 2004). Na primeira campanha recolheram-se 1,5L de água em cada ponto de amostragem e na segunda 1L de água, tendo em consideração os trabalhos laboratoriais que iriam ser efetuados com as amostras da primeira campanha.

Após as colheitas procedeu-se ao armazenamento das amostras com refrigeração a $<4^{\circ}\text{C}$ e proteção da luz solar. O tempo decorrido até ao momento da análise foi o menor possível, uma vez que a exposição à luz e às elevadas temperaturas pode causar reações de precipitação e/ou dissolução de espécies coloidais.

É de referir que cada colheita foi acompanhada da medição *in situ* dos parâmetros expeditos: pH, condutividade elétrica, oxigénio dissolvido, potencial redox e temperatura.

No caso particular das algas aquáticas, procedeu-se a uma amostragem pontual, efetuada na única saída de campo em que foram observados indícios da sua presença. Esta decorreu no início do mês de março de 2011.

As amostras foram obtidas no local referenciado como CE (Quadro 2.I), através de raspagem dos substratos e por dragagem da superfície da água com o recipiente de armazenamento em polietileno. Posteriormente foram armazenadas em recipiente refrigerado a $<4^{\circ}\text{C}$ e protegidas da luz solar.

2.1.2. Sistema analítico

Efetuuou-se a seleção de parâmetros analíticos referentes a diferentes tipos de caracterização e a diferentes tipos de materiais (Quadro 2.III).

Atendendo ao facto de que a composição das águas de drenagem mineira varia de acordo com o tipo de minério explorado/extraído e com as substâncias químicas utilizadas no processamento desse mesmo minério, incluindo a extração hidrometalúrgica, tornou-se necessária a aplicação de diversificadas técnicas de análise; pelo que, respeitante aos parâmetros expeditos, estes envolveram a medição de: pH, logaritmo negativo da atividade hidrogeniônica ($-\log [\text{H}^+]$), condutividade elétrica (CE), a qual depende da quantidade de iões na solução, relacionando-se com as substâncias dissolvidas (expressa-se em $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigénio dissolvido (OD) (expressa-se em mg/L), potencial redox (Eh) (expresso em mV) e, por último, temperatura (T), em $^{\circ}\text{C}$. Estes foram medidos em campo com recurso a um multiparamétrico, marca Orion, modelo Star 5.

Quadro 2.III - Parâmetros analíticos aplicados à caracterização dos diferentes materiais em estudo.

Caracterização / Materiais	Parâmetros
Físico-química/ águas e efluentes resíduos mineiros	<u>Em campo/Expeditos:</u> pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), potencial redox (Eh) e temperatura. <u>Em laboratório/análise química:</u> aniões, metais e metaloides, acidez e alcalinidade, pH da pasta (pH em materiais desagregados finos, também designados por pastas, material não consolidado fino, por vezes, com plasticidade ou coerência meta-estável incluindo lamas em diferentes estados de consolidação e dessecação) análise química de resíduos (metais)
Ecológica/ algas	Identificação taxonômica, distribuição e modos de ocorrência
Mineralógica / resíduos mineiros neofomações mineralógicas	Identificação, análise paragenética, distribuição e modos de ocorrência

Em relação aos parâmetros analisados em laboratório, os mesmos foram selecionados de acordo com a paragéneses dos depósitos minerais explorados, pelo que o estudo do espectro de aniões, de metais e de metaloides permite identificar, de um modo geral, as espécies químicas presentes nos diferentes materiais em análise e, a partir desse, deduz-se a existência de focos de poluição, de origem mineira.

Mediante os parâmetros em análise, os métodos a aplicar, bem como o tipo de matriz da amostra e o tempo que iria decorrer entre a colheita e a análise das amostras, estas foram sujeitas a tratamentos prévios específicos, com a finalidade de preservar as suas características originais e de as preparar para tratamentos analíticos subsequentes; obtendo, desta forma, resultados analíticos mais precisos.

Consequentemente ocorreu: filtração de amostras líquidas para remover os sólidos em suspensão, acidificação do filtrado para limitar reações de precipitação durante o período de armazenamento da amostra e modificações de matriz de modo a obter soluções aquosas homogêneas a partir de amostras heterogêneas ou de matriz sólida. No que respeita à filtração - e com o propósito de analisar aniões, metais e arsénio em solução - esta realizou-se sob vácuo, com membranas de celulose de porosidade 0.45 µm. Tal etapa de filtração teve como objetivo a preservação das amostras para análise em cromatografia iónica e em absorção atómica. Além do que, as amostras preservadas para análise química de metais e arsénio foram sujeitas a acidificação a pH < 2 com HNO₃ 65% *suprapur* Merck.

No que concerne ao protocolo de amostragem e às técnicas e métodos de análise química de águas, estes encontram-se citados no quadro 2.IV.

Quadro 2.IV - Relação das principais técnicas e métodos analíticos de referência utilizados para a análise química de águas. AES - espectrometria de absorção atômica, CI – cromatografia iônica (adaptado de Valente, 2004).

* Parâmetros analisados somente na 1ª campanha.

PARÂMETROS		TÉCNICAS	MÉTODOS DE REFERÊNCIA (AWWA, 1992 in Valente, 2004)
Análise de metais e metalóides	Alumínio* Arsénio* Cobre Ferro total Manganês* Zinco Chumbo	AES - com chama AES - com atomização eletrotérmica AES - com chama AES - com chama AES - com chama AES - com chama AES - com atomização eletrotérmica	Standard Methods 3113 B Standard Methods 3113 B Standard Methods 3120 B Standard Methods 3120 B Standard Methods 3120 B Standard Methods 3120 B
Análise de aniões	Brometo Cloreto Fosfato Fluoreto Nitrato Nitrito Sulfato	CI CI CI CI CI CI CI	S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000) S-9 (Metrohm, 2000)
Análise de outros parâmetros	Acidez Alcalinidade Total	Volumetria Potenciometria	Standard Methods 2310 A Standard Methods 2320 B
Análise de parâmetros expeditos – medição em campo	pH Temperatura Condutividade Potencial redox (Eh)* Oxigénio dissolvido	Potenciometria Potenciometria Potenciometria Potenciometria Potenciometria	Standard Methods 4500H- B Standard Methods 2550 B Standard Methods 2510 B Standard Methods 2580 B Standard Methods 4500 G

Resumidamente utilizou-se a cromatografia iônica (CI), S-9 (Metrohm, 2000), para a análise de aniões e espectrometria, para verificar a existência de catiões.

A acidez foi determinada pelo método de volumetria, Standard Methods 2310 A, enquanto a alcalinidade e os parâmetros expeditos foram pesquisados pelo método de potenciometria (com titulador automático), Standard Methods 2320 B, entre outros como se pode verificar no quadro 2.IV.

Aplicou-se CI, com supressão química, usando a coluna de separação cromatográfica nas seguintes condições: composição do eluente – 2.2 mmol/L de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) / 1.3 mmol/L de carbonato de sódio (Na_2CO_3), supressor – (Metrohm Modelo 761, H_2SO_4 20 mmol/L), fluxo – 0.8ml/min e volume de injeção – 20 µl. No âmbito do estudo das amostras de material biológico aplicaram-se métodos relativamente simples, mas essenciais para a identificação, até ao nível

taxonómico do género. Em campo obtiveram-se dados acerca da sua distribuição e modos de ocorrência, enquanto em laboratório se examinaram preparações extemporâneas em microscópio ótico, com a finalidade de identificar as algas presentes.

2.2. Caracterização de materiais sólidos – resíduos e neoformações mineralógicas supergénicas

Para a identificação de diferentes tipos de materiais sólidos recorreu-se a técnicas petrográficas, mineralógicas e geoquímicas que, convencionalmente, são aplicadas a materiais geológicos.

Tais técnicas foram aplicadas a amostras colhidas em “*tout-venant*”, escombros grosseiros e pilha de pré-ustulados, enriquecidas em sulfuretos (três tipos de fragmentos clásticos).

A análise petrográfica procurou identificar paragéneses primárias e secundárias. De um modo geral, os procedimentos de caracterização incluíram as seguintes fases: observações macroscópicas, lupa binocular e microscópio ótico de luz difusa (MOLD).

Para um estudo mais pormenorizado de identificação mineralógica (em particular análise paragenética, petrografia e interpretação de texturas), recorreu-se à microscopia ótica de luz transmitida (MOLT) sobre lâminas delgadas e microscopia ótica de luz refletida (MOLR) sobre superfícies polidas. No que concerne à caracterização mineralógica - identificação dos minerais e caracterização composicional das associações - recorreu-se à Difractometria de Raios X - DRX (Cu K α), equipamento Philips X'PERJ PRO-MPD, operando a 50 KV e 40 mA, com monocromador e fenda de divergência automática, utilizando uma ampola de cobre.

A obtenção de imagens de microscopia eletrónica de varrimento (MEV) em modos eletrões secundários (ES) e em eletrões retrodifundidos (ER) permitiu a determinação da morfologia dos cristais e dos hábitos e configurações dos agregados mono e poliminerálicos. Para além disso, a aquisição de espectros de dispersão de energias (DE) em análise pontual permitiram estudar, em pormenor, a geoquímica de microminerais metálicos e não metálicos existentes nas lâminas polidas e reconhecer/interpretar as relações mineralógicas e texturais.

Procedeu-se, ainda, à análise granulométrica, mineralógica e química de triturados mais grosseiros, colhidos em escombreira no espaço mineiro Las Sombras (trabalhos subterrâneos, uma amostra) e em pilha de pré-ustulados nos Carris (duas amostras).

A análise granulométrica fez-se pelo método dos crivos (coluna de crivos, sistema ROTAP), para frações acima dos 63 μm . Foram, ainda, analisadas dimensões de três tipos de fragmentos

clásticos, com recurso ao equipamento SediGraph 5100, da Micrometrics, para frações abaixo dos 63 µm.

Ainda no respeitante ao estudo das acumulações de clastos foram extraídas, da pilha de pré-ustulados, algumas lamas intersticiais. Fez-se a medição do pH e CE em pasta húmida preparada a partir das lamas amostradas (em concordância com Sobek *et al.*, 1978).

A fração <200mesh (0.074 mm) foi sujeita a análise química para determinação de metais. Para tal, procedeu-se à crivagem, em crivo de aço inox e pulverização em moinho de ágata.

A análise química das pastas foi efetuada por espectrometria ICP (“Induced coupled plasma”) - emissão ótica (ICP/OES), após digestão ácida com HF, HClO₄, HNO₃ e HCl. Neste ataque, algumas fases minerais podem não ser digeridas (particularmente cassiterite). Outros minerais, incluindo blenda, zircão, e magnetite podem também não ser totalmente digeridos.

Segundo as indicações do Laboratório (Actlabs, 2012), a maioria dos silicatos será dissolvido; no entanto, alguns elementos podem ser volatilizados: Si, As, Sb, Cr, U e Au. Os limites de deteção que o Laboratório (Actlabs, 2012) apresenta para o método analítico encontram-se no quadro 2.V, “Code 1F2”.

O estudo das neoformações mineralógicas supergénicas, a partir da colheita de alguns materiais muito hidratados (películas sobrenadantes e produtos ocres), fez-se por DRX e MEV, tal como referido anteriormente.

Quadro 2.V - Elementos analisados e respetivos limites de deteção do método analítico para alguns elementos vestigiais (ppm, excluindo os casos em que são referidas percentagens %), (adaptado de Actlabs, 2012).

Elemento	Limite de deteção	Elemento	Limite de deteção	Elemento	Limite de deteção
Bi	2	Fe	0.01%	Na	0.01%
Ca	0.01%	Mg	0.01%	Ni	1
Cd	0.3	Mn	1	Pb	3
Co	1	Mo	1	Zn	1
Cu	1				

2.3. Caracterização do património edificado e equipamentos

No contexto histórico e económico da exploração mineira em Carris e Las Sombras é crucial o inventário do património edificado e equipamentos.

A análise deste tipo de património abandonado é importante uma vez que deve ser sujeito a uma avaliação em termos de impacte ambiental que pode originar, sobretudo atendendo ao estatuto de

área protegida em que se encontra localizado bem como a uma avaliação do estado de degradação e consequente segurança de cada infraestrutura mineira.

No que concerne à discriminação das funções e estados de conservação do património edificado dos Carris e de Las Sombras, a metodologia adotada envolveu o recurso a: estudo de acervo documental (para a descrição de cada infraestrutura mineira), disposição cartográfica e ilustração de cada edificação ou escavação e, ainda, aplicação de uma graduação esquemática para a avaliação do estado de conservação.

2.4. Tratamento de dados

Os dados obtidos, quer em campo quer em laboratório, foram tratados a partir da pesquisa de documentação em diversas fontes bibliográficas.

A consulta de arquivos da Circunscrição Mineira do Norte - acervo documental da mina de volfrâmio e molibdénio Salto do Lobo; da mina de estanho, molibdénio e volfrâmio designada por Corga das Negras n.º 1; e, da mina de volfrâmio Lamalonga n.º 1 (minas contíguas exploradas pelo mesmo concessionário no mesmo período de tempo, décadas de 1940 a 1970) - tornou-se fundamental para a discriminação das funções e estados de conservação do património edificado em Carris.

De salientar que todos os objetos de estudo foram alvo de cartografia, aplicada direta ou indiretamente, desde a representação esquemática (aspetos naturais e aspetos antrópicos) até à distribuição espacial dos resultados tipológicos, sob a forma de plantas de localização e dispersão.

3. GEOGRAFIA E GEOLOGIA DOS ESPAÇOS MINEIROS CARRIS E LAS SOMBRAS

No presente capítulo apresenta-se a caracterização dos sítios mineiros – Carris e Las Sombras – no âmbito do seu enquadramento regional (3.1). Tal caracterização reporta-se ao contexto: orográfico (3.1.1), geomorfológico (3.1.2), hidrográfico (3.1.3), climático (3.1.4) e, ainda, ao contexto em termos de ordenamento do território (3.1.5), sendo que todos os elementos referidos demarcam o conjunto territorial em que se inserem as duas minas.

O enquadramento referido não só é importante para a caracterização geral dos espaços mineiros em estudo como se torna imprescindível na avaliação do impacto ambiental associado.

Valente (2004) considera que os contextos geológico-mineiro e climático, bem como a localização em termos dos estatutos de ordenamento territorial, determinam não só o tipo de desequilíbrio, mas também condicionam o rigor dos critérios de avaliação de impacto ambiental.

Os espaços mineiros Carris e Las Sombras são, também, alvo de um enquadramento geológico (3.2), primeiramente mais genérico, dada a sua localização no Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (3.2.1), e, posteriormente, mais específico, no qual se recorre à contextualização geológica da área correspondente às duas minas (3.2.2). Também as estruturas mineralizadas existentes e as paragénese dos depósitos primários e paragénese de evolução supergénica (3.2.3) serão alvo de caracterização, uma vez que ajudam a compreender o conjunto de operações, verificado em tempos - que visava a retirada de minério a partir do depósito mineral - e, também, as peculiaridades do impacto ambiental associado à atividade extrativa.

3.1. Geografia mineira

3.1.1. Orografia

Os espaços mineiros em estudo encontram-se circunscritos ao noroeste da Península Ibérica, em particular aos limites fronteiriços Portugal-Espanha.

O espaço mineiro Carris, situado na serra do Gerês - em pleno Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG) - mais especificamente, na freguesia de Cabril, concelho de Montalegre, distrito de Vila Real, abrange uma área na qual se situa o vértice geodésico Carris, de altitude 1507 metros.

O Parque Nacional da Peneda-Gerês localiza-se no norte de Portugal, na zona de transição entre o Minho e Trás-os-Montes. Está inserido na NUT II – Norte, sendo delimitado pelos meridianos 8° 25' e 7° 53' W e pelos paralelos 41° 41' e 42° 05' N. Ocupa uma área de 69 596 ha, distribuída por 5 concelhos: Melgaço, Arcos de Valdevez e Ponte da Barca, do distrito de Viana do Castelo (incluídos na NUT III – Minho-Lima); Terras de Bouro, do distrito de Braga (NUT III – Cávado) e Montalegre, do distrito de Vila Real (NUT III – Alto-Trás-os-Montes) (ICNB, 2008a).

O espaço mineiro Las Sombras localiza-se em Espanha, na Serra do Xurés. Inclui-se no Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés (PNBLSX), na província de Ourense, mais concretamente no concelho de Lobios.

O Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés situa-se no sudoeste da província galega de Ourense, estendendo-se pelo setor Baixa Limia. Apresenta uma superfície de cerca de 30.000 ha, que abrange as zonas mais elevadas dos concelhos de Entrimo, Lobios e Muiños, os quais estabelecem fronteira com Portugal num dos limites do PNPG.

Em síntese, o espaço mineiro Carris encontra-se localizado na região norte de Portugal, na serra granítica do Gerês, a uma altitude de cerca de 1450 m. Já o espaço mineiro Las Sombras situa-se em Espanha e encontra-se encravado na serra granítica do Xurés, a uma altitude de cerca de 1250m. As duas minas localizam-se no Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (Figura 3.1).

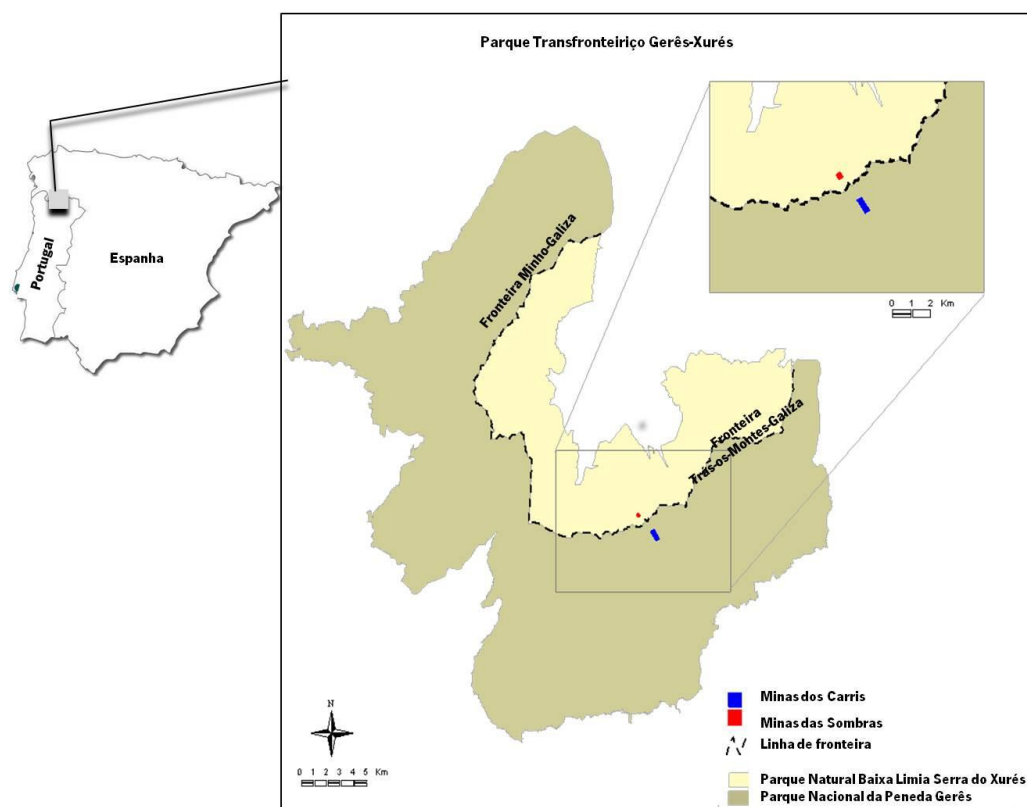


Figura 3.1 - Localização dos espaços mineiros Carris e Las Sombras, com destaque para a área em estudo (fonte PNPG, 2011).

3.1.2. Geomorfologia

A paisagem regional evidencia um conjunto de relevos de elevada altitude com um considerável aplanamento no seu topo, recortado por vales profundos.

Para a caracterização geomorfológica dos sítios mineiros em investigação é fundamental recorrer à caracterização geológica da área do Parque Nacional da Peneda-Gerês, uma vez que a litologia e a estrutura são determinantes da morfologia.

Existe uma extensa bibliografia inerente ao estudo da geologia e geomorfologia do parque (Mendes, 2001; Mendes e Dias, 1993, 2003; Moreira e Ribeiro, 1991 e Noronha, 1984).

O PNPG situa-se na Cadeia Varisca, fazendo parte do Terreno Ibérico (Ribeiro, 2006), caracterizada pela predominância de rochas muito deformadas e metamorfizadas e, também, múltiplos maciços plutónicos, sobretudo graníticos.

Ainda a respeito do PNPG, Coudé – Gausson (1978,79) refere que a tectónica de fratura, litologia e erosão diferencial são os principais motivos geológicos do modelado, juntando-se a estes os resultantes de permanência glacial, confirmada por vários autores, tendo sido encontradas provas em diversos pontos. Neste sentido, ao longo do percurso de acesso à mina dos Carris, a partir das lagoas de Marinho, é possível observar penedos aborregados, superfícies polidas e estriadas, moreias laterais e de fundo e, até, blocos erráticos, sendo todas as formas geológicas referidas de natureza glaciária.

A tectónica de fratura desempenhou um papel importante na instalação da rede hidrográfica, correspondendo os talwegues a linhas de fratura.

Também a fracturação Neogeno-Quaternária, em parte também relacionada com o abandono do gelo (após glaciação), foi aproveitada pela rede fluvial. Assim, as alterações climáticas foram fundamentais para o desenvolvimento geomorfológico.

A interação caudal - litologia - tectónica foi determinante para a incisão das linhas de água e forma dos interflúvios, motivando a degradação das superfícies de aplanamento terciárias e originando um terreno fragmentado e descontínuo.

Segundo Ferreira *et al.*, (1992), as serras do PNPG apresentam uma variação de declive elevada; contudo, é nos vales que os declives são mais acentuados, pois os rios entalham profundamente as montanhas. O contraste acentuado entre os interflúvios e as ingremes vertentes dos vales constitui a impressão imperante da paisagem, dando a sensação de que os topos das serras são relativamente planos.

A área abrangida pela serra do Gerês é recortada, de norte para sul, pelos rios Cabril, Fafião e Gerês e, de este para oeste pelo rio Homem, a norte, e pelo rio Cávado, a sul (Figura 3.2).



Figura 3.2 – Geomorfologia dos espaços mineiros Carris e Las Sombras (imagem adaptada de Google earth).

O relevo onde se enquadram as áreas mineiras em estudo é, portanto, típico de montanha, apresenta-se fortemente acidentado, com pronunciados declives e diversos afloramentos rochosos a grandes altitudes, destacando-se a presença da segunda cota máxima de Portugal Continental, a qual corresponde a 1 545 metros na Nevosa, serra do Gerês, na fronteira Norte com a Galiza.

3.1.3. Hidrografia

A rede de drenagem da serra do Gerês organiza-se em torno de cinco cursos de água principais, afluentes do rio Cávado. Escoando de NE para SW, no setor noroeste da serra, o troço montante do rio Homem com drenagem de direção NNE-SSW, os rios Gerês, Fafião e Cabril e ainda o rio Beredo com drenagem de direção N-SSW, cujos vales apresentam um nítido controlo estrutural, bem patente pelo traçado sólido da rede hidrográfica e pelo paralelismo dos alinhamentos dos seus vales (Figura 3.3).

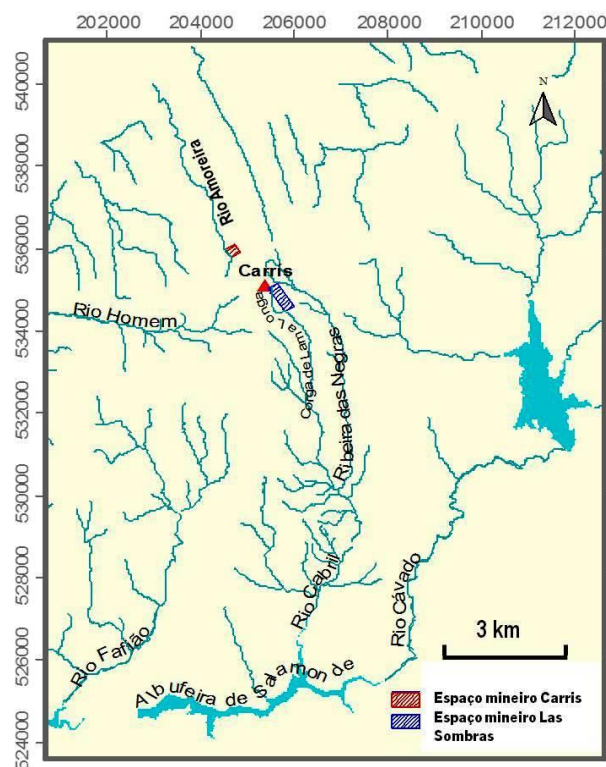


Figura 3.3 - Hidrografia dos espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPG, 2011). Coordenadas UTM fuso 29- elipsoide internacional – DATUM Europeu.

O regime hidrográfico destes rios é de carácter pluvial o que, aliado à forte inclinação dos seus perfis longitudinais, faz com que a escorrência das águas seja feita de forma muito rápida, conferindo-lhes carácter torrencial.

Tanto o rio Gerês como o Cabril possuem em comum a sua direção e vales muitos estreitos, apertados e profundos. São rios com uma elevada pendente média, que nascem em zonas muito elevadas e correm pelos vales descendo à procura do rio reitor. Assim, o rio Gerês passa duma cota dos 861 m na nascente para 160 m na sua parte mais baixa, enquanto o rio Cabril passa dos 1058m para os 340 metros.

O rio Homem, com cerca de 50 km de longitude, é um dos que corre em maior extensão no PNPG, aproximadamente 17km (até à barragem de Vilarinho das Furnas). Nasce em plena serra do Gerês, junto aos cumes de Outeiro Redondo e Carris, e desagua em Vila Verde, no rio Cávado.

3.1.4. Clima

Em termos climáticos, o território do Parque encontra-se inserido na transição da região Eurosiberiana e Mediterrânica. É, assim, influenciado por vários tipos de clima: atlântico,

mediterrânico e continental que, juntamente com a variada orientação do relevo, propiciam a existência de vários microclimas (Linés Escardó, 1970).

O efeito de barreira às massas de ar quente e húmido, vindas do mar, das serras do Minho - nomeadamente as serras da Peneda, Soajo, Amarela e Gerês - determinam a elevada pluviosidade desta região, com precipitação geralmente superior a 1500 mm/ano, ultrapassando, por vezes, os 3000 mm/ano, o que a torna a região mais pluviosa de Portugal e uma das mais chuvosas da Europa (Honrado, 2003).

É nos pontos culminantes da serra de Gerês/Xurés que a precipitação anual média ultrapassa os 3 000 mm (Lima, 2001).

Na região surgem inúmeros microclimas induzidos pelas variações de altitude e características topográficas que condicionam o grau de humidade, a exposição solar e a amplitude térmica (Daveau *et al.*, 1977).

No que concerne à temperatura do ar, nas zonas mais elevadas do Gerês, as estimativas apontam para que em mais de 40 dias as temperaturas mínimas se situam abaixo de 0°C e que a média da temperatura mínima do mês mais frio se situe abaixo de +1°C. Por outro lado, nessas mesmas zonas, menos de 20 dias registarão temperaturas máximas acima de +25°C e a média da temperatura máxima do mês mais quente estará abaixo de 23°C (Daveau *et al.*, 1985 *in* Vieira, 1997).

Com a finalidade de aprofundar o estudo relativo à pluviosidade inerente às áreas mineiras em estudo, recorreu-se à base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

Investigaram-se os dados recolhidos a partir da monitorização da rede meteorológica respeitante à Divisão Administrativa Montalegre. Selecionaram-se as estações: Outeiro, Paradela do Rio, Pincães, Pitões e Xertelo e obtiveram-se os dados constantes no quadro 3.I.

Pela análise do quadro 3.I, confirma-se a correlação entre os valores de precipitação mensal e a altitude, isto é, os locais próximos de serras (como Xertelo e Pincães) possuem valores de precipitação superiores aos correspondentes a locais de menor altitude (como Outeiro e Paradela do Rio).

Quadro 3.1 – Valores correspondentes ao regime pluviométrico em locais próximos das áreas em estudo, obtidos através de SNIRH (2012). (vc): Valor calculado pois falta valor introduzido.

Data	OUTEIRO (03J/02UG)		PARADELA DO RIO (03J/03UG)		PINCÃES (03I/08UG)		PITÕES (02J/01G)		XERTELO (03I/04G)	
	Precipitação anual (mm)	Precipitação mensal (mm)	Precipitação anual (mm)	Precipitação mensal (mm)	Precipitação anual (mm)	Precipitação mensal (mm)	Precipitação anual (mm)	Precipitação mensal (mm)	Precipitação anual (mm)	Precipitação mensal (mm)
01/01/2009 09:00	-	(vc) 82.2	-	(vc) 259.5	-	(vc) 376.6	-	-	-	(vc) 380.2
01/02/2009 09:00	-	(vc) 10.2	-	(vc) 114.0	-	(vc) 111.9	-	-	-	(vc) 106.2
01/03/2009 09:00	-	(vc) 0.3	-	-	-	(vc) 43.2	-	-	-	(vc) 49.5
01/04/2009 09:00	-	(vc) 65.2	-	(vc) 109.7	-	(vc) 104.7	-	(vc) 80.6	-	(vc) 99.6
01/05/2009 09:00	-	(vc) 48.5	-	(vc) 47.6	-	(vc) 39.8	-	(vc) 72.2	-	(vc) 44.0
01/06/2009 09:00	-	(vc) 32.6	-	(vc) 7.1	-	-	-	(vc) 104.8	-	(vc) 157.7
01/07/2009 09:00	-	(vc) 1.8	-	(vc) 14.3	-	(vc) 1.8	-	(vc) 94.1	-	(vc) 74.1
01/08/2009 09:00	-	(vc) 0.0	-	(vc) 0.2	-	-	-	(vc) 11.3	-	(vc) 13.9
01/09/2009 09:00	-	(vc) 2.4	-	(vc) 0.4	-	(vc) 2.9	-	(vc) 3.7	-	(vc) 2.5
01/10/2009 09:00	-	(vc) 32.0	-	(vc) 73.7	-	(vc) 119.6	-	(vc) 189.0	-	(vc) 114.2
01/11/2009 09:00	-	(vc) 3.1	-	(vc) 239.6	-	(vc) 235.4	-	(vc) 337.2	-	(vc) 2.0
01/12/2009 09:00	-	(vc) 365.4	-	(vc) 413.5	-	(vc) 447.6	-	(vc) 529.3	-	(vc) 96.7
01/01/2010 09:00	-	(vc) 267.1	-	-	-	(vc) 327.0	-	-	-	(vc) 165.0
01/02/2010 09:00	-	(vc) 341.2	-	-	-	-	-	-	-	-
01/03/2010 09:00	-	(vc) 309.6	-	-	-	-	-	-	-	-
01/04/2010 09:00	-	(vc) 77.6	-	-	-	-	-	-	-	-
01/05/2010 09:00	-	(vc) 95.7	-	-	-	-	-	-	-	-
01/06/2010 09:00	-	(vc) 63.7	-	-	-	-	-	-	-	-
01/07/2010 09:00	-	(vc) 0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
01/08/2010 09:00	-	(vc) 9.2	-	-	-	-	-	-	-	-

3.1.5. Plano de Ordenamento do Território

O Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG), Parque Nacional ou Parque, foi a primeira área protegida criada em Portugal, em 1971, e é a única que possui o estatuto de Parque Nacional, merecendo, desde a sua criação, idêntica qualificação por parte da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), em reconhecimento do alto valor do seu património natural e cultural, conjugado com objetivos de conservação, estudo e gestão sustentável dos seus recursos. Criado pelo Decreto n° 187/71, de 8 de maio, ainda no âmbito do regime geral de proteção da natureza estabelecido pela Lei n° 9/70, de 19 de junho, os seus limites exteriores foram desde logo definidos no Anexo ao mesmo Decreto n° 181/71. A Resolução do Conselho de Ministros n° 134/95, de 11 de novembro, aprovou o seu Plano de Ordenamento e respetivo Regulamento, que tem desde então orientado a gestão da área protegida.

Assim, sobre o referido território, incide um Plano Especial de Ordenamento do Território (PEOT)/ Âmbito Nacional (ICNB, 2008a).

A nível nacional, o recente Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (DL 142/2008, de 24 de julho) refere: “A classificação de um Parque Nacional visa a proteção dos

valores naturais existentes, conservando a integridade dos ecossistemas tanto ao nível dos elementos constituintes como dos inerentes processos ecológicos, e a adoção de medidas compatíveis com os objetivos da sua classificação” (ICNB, 2009).

Assim, os objetivos iniciais que levaram à criação do Parque Nacional da Peneda-Gerês, que eram “possibilitar no meio ambiente da Peneda-Gerês a realização de um planeamento científico a longo prazo, valorizando o Homem e os recursos naturais existentes, tendo em vista finalidades educativas, turísticas e científicas” (Decreto nº 187/71, de 8 de maio) mantêm-se atuais. Realce-se que já em 1971 era reconhecido o potencial turístico e científico associado à criação do Parque Nacional: “trata-se de possibilitar ...a conservação do solo, da água, da flora, da fauna e da paisagem, abrindo-a às vastas possibilidades do turismo, mas mantendo uma rede de reservas ecológicas de alto interesse científico, tanto nacional como internacional.” (ICNB, 2009).

O Plano de Ordenamento da área protegida foi revisto em 2008 e de entre os princípios orientadores destacam-se os seguintes, dada a pertinência para a presente dissertação:

- Atualizar os limites dos diferentes níveis do regime de proteção (*wilderness*);
- Implementar um sistema de indicadores de monitorização do Plano de Ordenamento do PNPG;
- Articular o ordenamento do PNPG com o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Baixa Limia-Serra do Xurés.

Apesar dos estatutos diferenciados das duas áreas protegidas situadas dos dois lados da fronteira, e de algumas diferenças no quadro legislativo e cultural enquadrador respeitante a cada área, foi criado, em 1997, o Parque Transfronteiriço Internacional de Gerês/Xurés. Neste enquadram-se os locais em estudo, Mina dos Carris e Mina Las Sombras (Figura 3.4).

O Parque Transfronteiriço teve origem num acordo de cooperação entre o Instituto de Conservação da Natureza e a Xunta da Galicia, surgindo na sequência da criação do Parque Natural da Baixa Limia – Sierra do Xurès em 1993 e do objetivo de complementar o Parque Nacional da Peneda-Gerês com uma área protegida do lado galego da fronteira (ICNB, 2008b).

O Parque Internacional atua especialmente nas zonas definidas pelos Planos de Ordenamento como sendo de "Ambiente Natural" e "Reserva" ou "Proteção Especial", na linha da fronteira.

Na proposta de zonamento do Parque Nacional da Peneda-Gerês, os níveis de proteção considerados são: Zona de Proteção Total (ZPT), Zona de Proteção Parcial de nível 1 (ZPP1), Zona de Proteção Parcial de nível 2 (ZPP2), Zona de Proteção Complementar de nível 1 e Zona de Proteção Complementar de nível 2 (ZPP2). Em termos de equivalência com o zonamento atual, a Zona de Proteção Total e a Zona de Proteção Parcial fazem parte da Área de Ambiente Natural e a

Zona de Proteção Complementar conjuntamente com os Perímetros Urbanos definem a Área de Ambiente Rural (Figura 3.4).

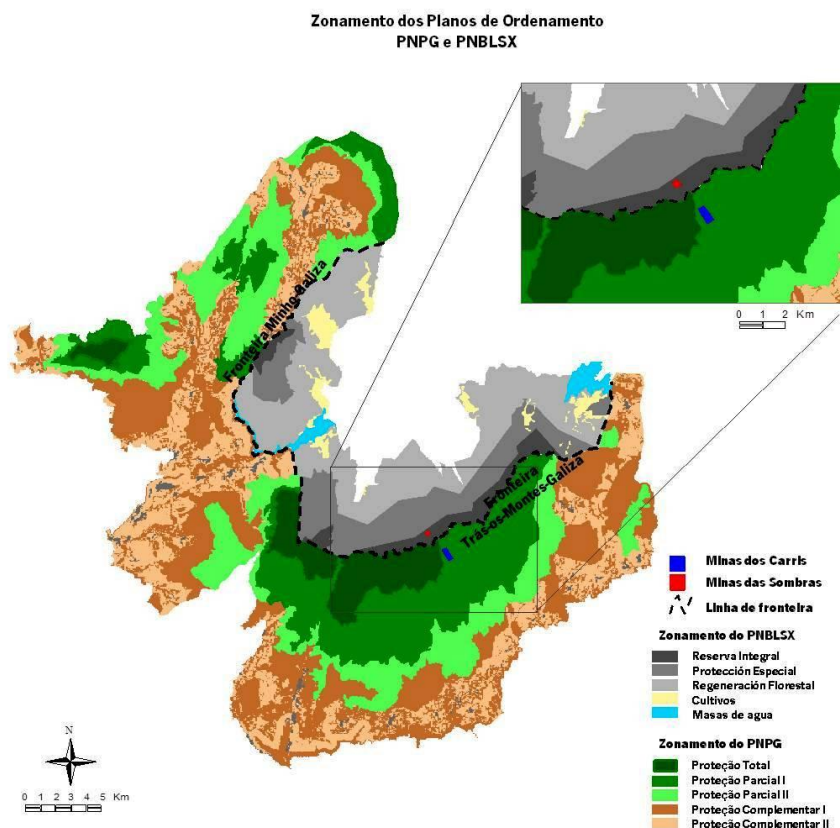


Figura 3.4 - Zonamento do Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (Parque Nacional Peneda-Gerês, PNPg, e Parque Natural da Baixa Limia-Serra do Xurés, PNBSX), com destaque para os espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPg, 2011).

A mina dos Carris insere-se na Zona de Proteção Parcial I e afeta dois regimes de proteção:

- “Zona de Proteção Total ou Integral” - tem como objetivo manter os processos naturais num estado dinâmico e evolutivo, sem o desenvolvimento de atividades humanas regulares e em que a investigação científica, a monitorização ambiental ou a visitação carece de autorização prévia do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB). Corresponde às zonas menos alteradas do PNPg e com maior valor natural. Nas atividades interditas inclui-se a pastorícia, exceto cavalos em regime silvestre.
- “Zona de Proteção Parcial do Nível I” - tem como objetivo contribuir para a manutenção dos valores naturais e paisagísticos. Engloba zonas de grande valor natural e que têm valores de *wilderness* elevado. Em contraste com a Zona de Proteção Total, é permitida a pastorícia extensiva neste nível, mas da mesma forma que na ZPT a visitação carece de autorização prévia do ICNB.

O Parque Natural da Baixa Limia-Sierra do Xurès (PNBLSX) está dividido em diferentes zonas, das quais se destacam as seguintes, face à localização da mina Las Sombras na zona de reserva integral:

- “Zona de reserva integral”: é uma área não edificada, onde não é permitida a caça nem a pesca, o corte de árvores, as atividades extrativas em geral (com exceção da pastorícia em regime extensivo), os repovoamentos cinegéticos e piscícolas, o pedestrianismo fora dos trilhos existentes, o ciclismo, as arborizações com espécies de resinosas produtoras e eucaliptos e a abertura de novas vias;
- “Zona de protección especial”: não são permitidas aberturas de estradas com mais de 2 metros de largura, as novas construções salvo as de interesse social, as arborizações com espécies de resinosas produtoras e eucaliptos e as instalações aéreas.

Em síntese, o Parque Transfronteiriço ocupa uma área aproximada de 100 000 ha, caracteriza-se pelo domínio de rochas graníticas, apresenta um relevo fortemente montanhoso e uma rede hidrográfica densa. Com ecossistemas em bom estado de conservação, espécies de fauna e flora de interesse excecional para a conservação da natureza e da biodiversidade, torna-se uma Reserva da Biosfera que exige a permanente defesa e revalorização.

No entanto, torna-se crucial não só a defesa e revalorização do património natural mas também o mineiro, representado pelas minas em estudo no presente trabalho, Carris e Las Sombras.

3.2. Geologia mineira

3.2.1. Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés

O enquadramento geológico dos jazigos Carris e Las Sombras apoia-se nas cartas geológicas e notícias explicativas do Parque Nacional da Peneda-Gerês, à escala 1/50 000 (Moreira e Ribeiro, 1991), folha 6 A – Montalegre (Noronha e Ribeiro, 1982), escala 1/50 000, e Mapa Geológico de España à escala 1/200 000 (Rodriguez e Fernández, 1989).

Em ambos os jazigos extraiu-se W e Mo (volfrâmio e molibdénio) mas, também, Sn (estanho). Encontram-se localizados no Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, enquadrando-se este em granitos da Zona Centro Ibérica da Cadeia Varisca (Figura 3.5).

Thadeu (1973, 1977) e Ribeiro e Pereira (1982) afirmam que essa zona corresponde a uma província metalogénica tungsto-estanífera.

Em Noronha (1983) refere-se que a maior parte dos minérios de tungsténio, produzidos na Europa Ocidental, resultam de jazigos da província metalogénica tungsto-estanífera que se localiza no noroeste da Península Ibérica. Esta abrange o norte e uma grande parte do centro de Portugal e,

ainda, uma pequena porção da Espanha, em particular as zonas oeste da região da Galiza e da província de Salamanca, tal como consta em Décio Thadeu (1965).

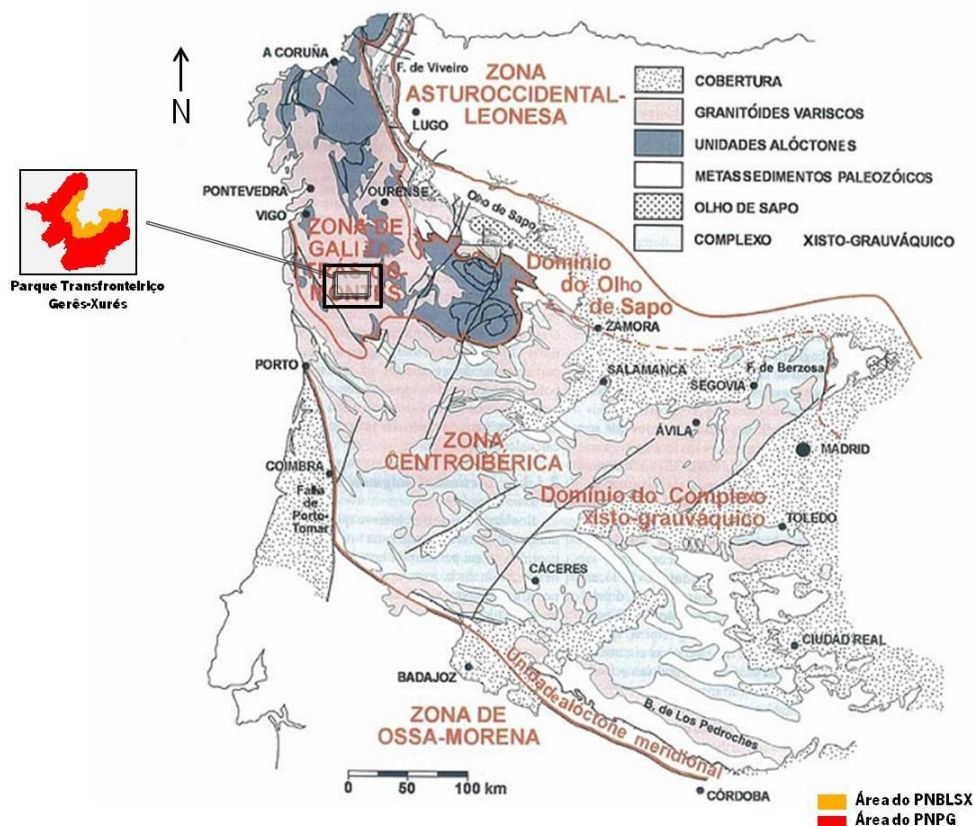


Figura 3.5 - Zonamento do Maciço Ibérico segundo Vera *et al.* (2004), com especial destaque para a Zona Centro Ibérica e Zona Galiza - Trás-os-Montes, na qual se localiza o Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés (Parque Natural Baixa Limia Serra do Xurés, PNBSX, e Parque Nacional da Peneda-Gerês, PNPG), cuja área se encontra delimitada pelo retângulo.

O enquadramento geológico geral do Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés e, naturalmente, dos dois espaços mineiros em estudo pode fazer-se tendo em consideração o maciço hispânico-português granítico de Lovios-Gerês (Figura 3.6).

Cottard (1979) faz referência a tal maciço e descreve o granito do Gerês, essencialmente, como um granito porfiróide com biotite e megacristais de microclina numa matriz de grão grosseiro, enquanto o granito de Lovios é considerado granito não porfiróide de biotite e de grão médio, muito mais homogéneo.

Mais recentemente, Mendes (2001) enquadra geologicamente os dois espaços mineiros no maciço granítico da Peneda-Gerês (Figura 3.7).

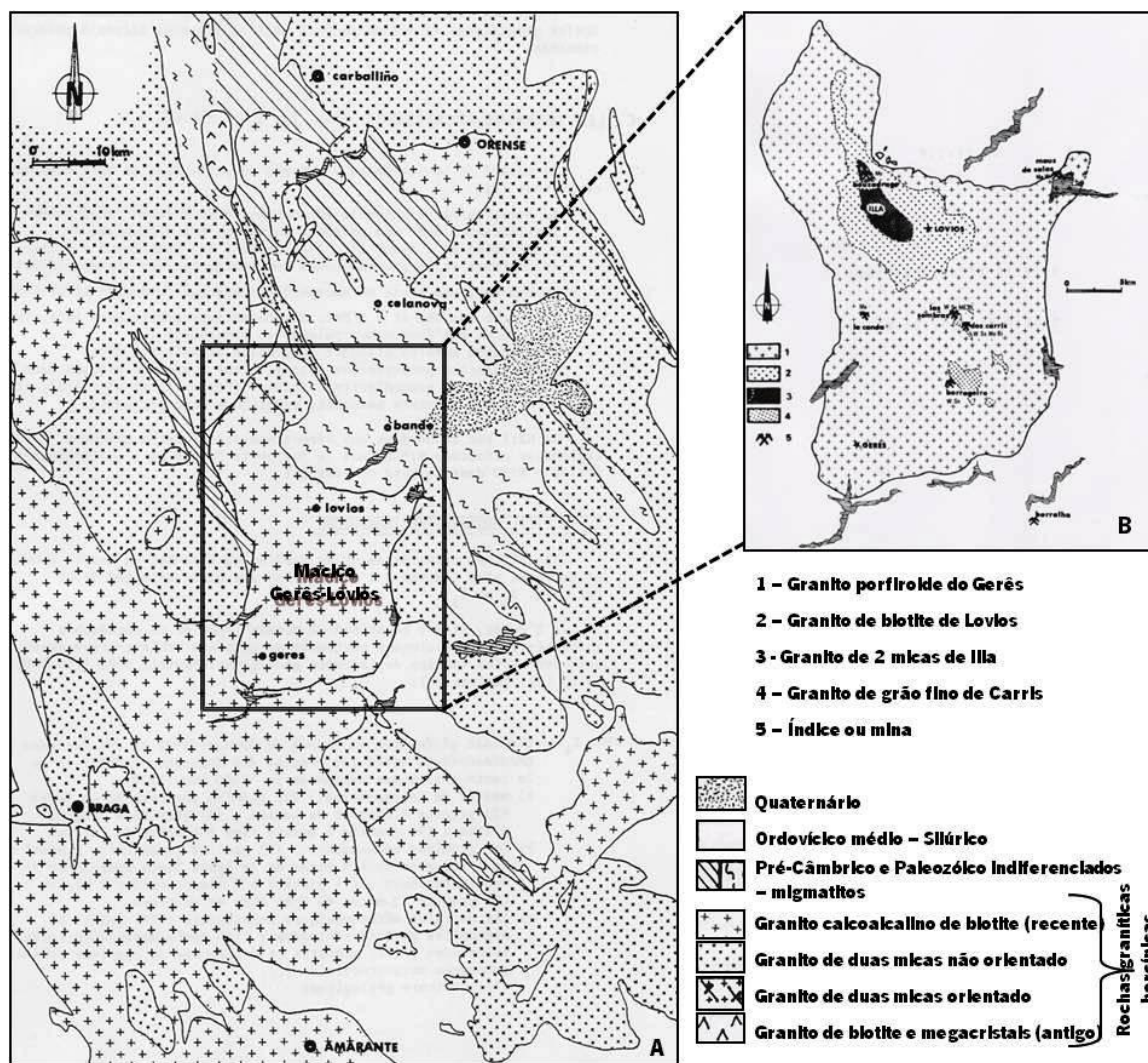


Figura 3.6 – Carta geológica regional simplificada a partir da carta espanhola (à escala 1/400 000). **A** – Enquadramento do Maciço hispânico-português granítico de Lovios-Gerês. **B** – Extrato com os principais índices e minas do maciço de Lovios-Gerês (adaptado de Cottard, 1979).

No quadro tipológico dos granitoides hercínicos, Ferreira *et al.* (1987) consideram que o maciço inclui granitos tardi a pós-orogénicos, cuja instalação ocorreu após a terceira fase de deformação hercínica (F3).

Quanto à sua composição dizem-se, essencialmente, granitos subalcalinos ferro-potássicos (Mendes e Dias, 1996; Mendes, 2001 *in* Mendes e Dias, 2003).

O maciço granítico da Peneda-Gerês é descrito como circunscrito, em que a fácies de bordadura trunca as estruturas regionais de tipo dúctil, atribuídas a F3 Varisca. Comporta seis fácies graníticas: Gerês, Paufito, Illa, Carris, Calvos e Covas. Destas, as primeiras três dispõem-se mais ou menos concêntricamente (Mendes, 2001). Esta disposição concêntrica confere ao maciço um zonamento composicional, característica frequente noutros plutonitos circunscritos compósitos (Corretgé *et al.*, 1981; Fernandez, 1991 citado em Mendes, 2001).

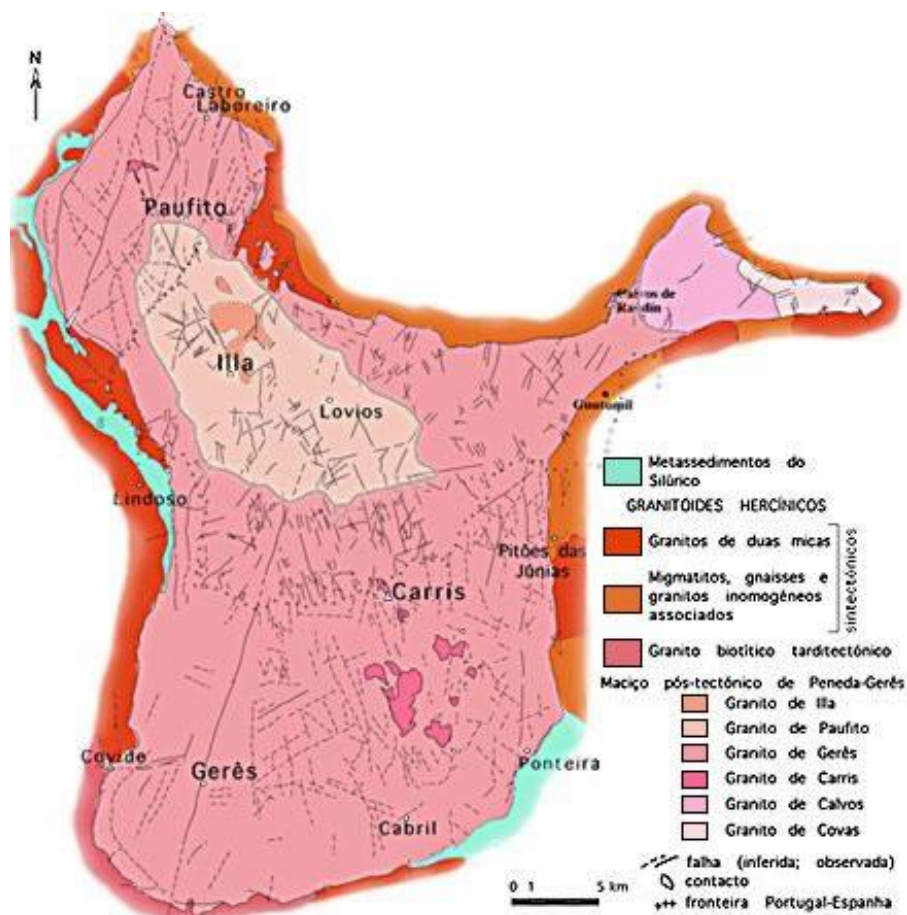


Figura 3.7 – Esboço geológico do maciço da Peneda – Gerês (extraído de Mendes, 2001).

De acordo com Mendes (2001), à exceção do granito de Illa, que é de duas micas, os restantes granitos são biotíticos.

Todas as fácies possuem feldspato potássico perítico, plagioclase (albite e oligoclase, mais raramente andesina), quartzo, biotite, ilmenite, zircão e apatite.

A fácies de afloramento mais extenso é o granito de Gerês que, para além dos minerais referidos, contém alanite. Dentro desta fácies distingue-se ainda a subfácies de Covide, que se caracteriza sobretudo por conter anfíbola. Os granitos deste maciço são considerados subcontemporâneos.

De acordo com Mendes (2001), das seis fácies graníticas do maciço da Peneda-Gerês as de Paufito e de Illa originaram-se a partir de um mesmo líquido magmático.

Os dados isotópicos Sr, Nd apontam igualmente para uma relação comagmática entre os granitos de Gerês e de Covas.

As diferenças em termos de assinatura isotópica destes dois conjuntos de granitos (granitos Paufito-Illa e Gerês-Covas) e do granito de Calvos sugerem que estes foram derivados de fontes diferentes.

Pensa-se que a assinatura isotópica original do granito de Carris tenha sido modificada através de transferência por difusão entre o magma que deu origem ao granito de Carris (“magma” de Paufito)

e o magma mais evoluído envolvente (“magma” de Gerês), não se tendo atingido o equilíbrio isotópico (Mendes, 2001).

O conjunto de dados disponíveis para o maciço apontam, portanto, para a existência de três unidades intrusivas síncronas que evoluíram independentemente.

A partir do estudo da medição de foliações magmáticas, definidas pela orientação preferencial dos planos {010} dos megacristais de feldspato, Mendes (2001) constatou que a intensidade da orientação preferencial diminui, visivelmente, da bordadura em direção ao interior do maciço onde a estrutura é praticamente isotrópica em observação em campo.

Na carta de foliações obtida para o maciço (Figura 3.8), Mendes (2001) observa que junto do contacto com o encaixante os planos de foliação magmática são subparalelos ao contacto, com pendores geralmente para o interior do maciço, concluindo que o maciço apresenta uma estrutura geral em funil, indiciando que uma parte sensivelmente importante da massa granítica terá sido erodida.

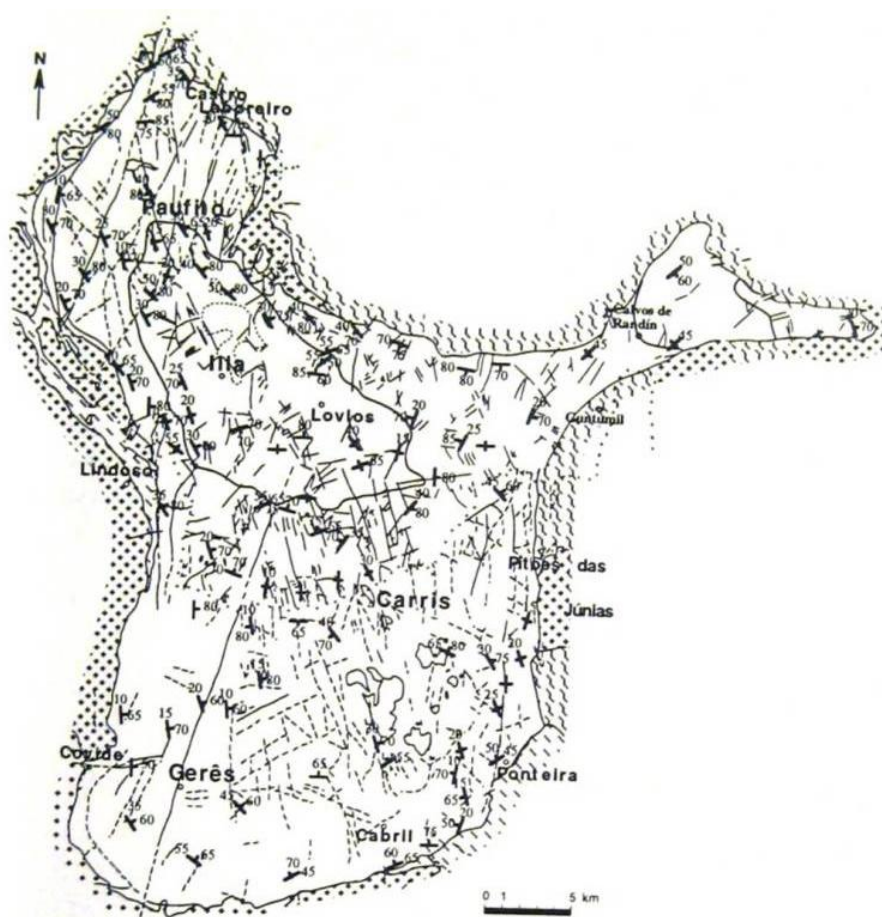


Figura 3.8 – Mapa do maciço da Peneda-Gerês com a disposição da foliação magmática definida pelos planos {010} dos megacristais de feldspato potássico. Para os planos com direção N-S ou E-W é apenas indicado o valor do seu pendor (extraído de Mendes, 2001).

3.2.2. Os espaços mineiros Carris e Las Sombras

Os Carris e Las Sombras incluem-se num setor do maciço granítico onde afloram as fácies dos Carris e do Gerês (Figura 3.9).

Segundo Cottard (1979), a mina Las Sombras encontra-se localizada no granito profiróide do Gerês numa área onde se distinguem, principalmente, duas fácies (Figura 3.10 A). Pela análise da figura 3.10 verifica-se, ainda, a existência marcada de fluidalidades magmáticas primárias, facto também comprovado pela ilustração constante na figura 3.10 B.

Do conjunto granítico cartografado por Mendes (2001) podem, no essencial, distinguir-se dois tipos de formações geológicas - granito do Gerês e granito dos Carris - recortadas por alguma fracturação, para além de se encontrarem presentes filões quartzosos encaixados indiferentemente nas diversas fácies (Figuras 3.9 e 3.10).

De acordo com Mendes (2001), são frequentes as concentrações biotíticas em "*schlieren*" (Figura 3.11) com forma normalmente sinuosa e alongada, mais raramente circular. Estas estruturas ocorrem isoladas, em planos subparalelos de pequena extensão ou definindo conjuntos de maior espessura. Neste último caso podem constituir fácies, estruturalmente, bandadas.

Cheilletz (1972) *in* Cottard (1979) considera que algumas fácies graníticas peculiares dos Carris e Borrageiro representam bordaduras de arrefecimento rápido, atendendo ao seu granulado fino e à presença de foliações magmáticas subhorizontais.

Conforme Mendes (2001), o facto do granito dos Carris testemunhar as etapas de instalação do maciço do Gerês é compatível com o seu quimismo (Quadro 3.II).

Mendes e Dias (1993), ao compararem as fácies do Gerês e dos Carris indicam que a fácies do Gerês se destaca pela sua composição, característica de granitos de natureza subalcalina, enquanto a fácies dos Carris é composicionalmente heterogénea, mostrando afinidades quer com a fácies do Gerês quer com a de Lovios, referida como Paufito.

Os contactos entre os granitos de Gerês e de Carris são contactos magmáticos, bruscos mas interdigitados e denteados (tal como se observa na Figura 3.12). Estas relações de campo sugerem sincronismo de instalação.

Mendes (2001) partilha da opinião de Cottard (1979) de que os corpos de granito de Carris corresponderão a injeções contemporâneas e verticais de magma e não a uma bordadura microgranítica, como fora interpretado outrora por Le Mailloux, 1971 e Cheilletz, 1972. Junto às zonas de contacto entre os dois granitos é perceptível a existência, no granito de Carris, de

xenocristais, predominantemente de feldspatos, biotite e quartzo, provenientes do granito de Gerês, o que indicia a existência de uma interação entre os dois magmas e a fração sólida presente.

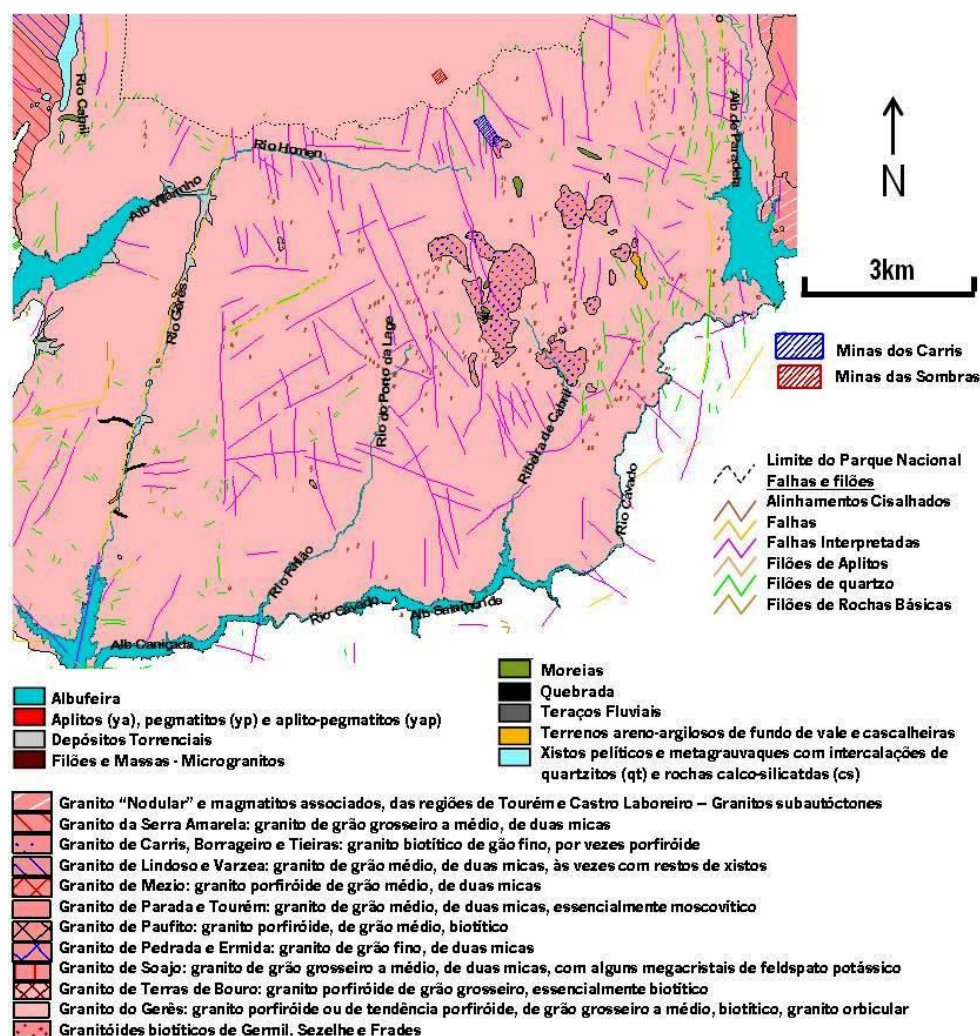


Figura 3.9 – Enquadramento do espaço mineiro Carris. Escala 1/120 000 (fonte PNPG, 2011).

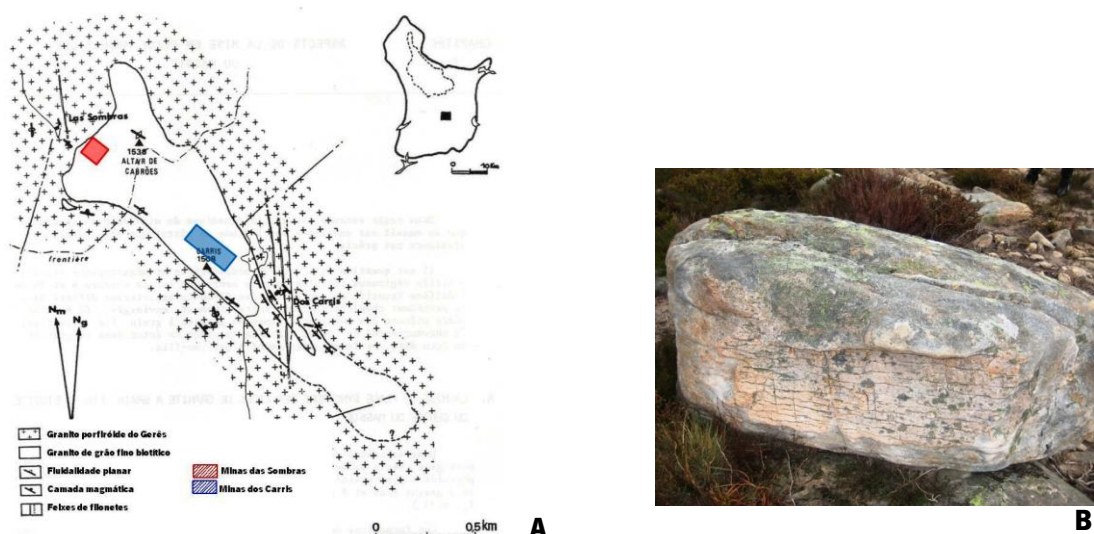


Figura 3.10 – **A** - Enquadramento dos espaços mineiros Las Sombras e Carris no esquema geológico da região de Las Sombras-Carris de Cottard (1979). **B** – Afloramento do Granito do Gerês com presença de fluidalidades planares visíveis.

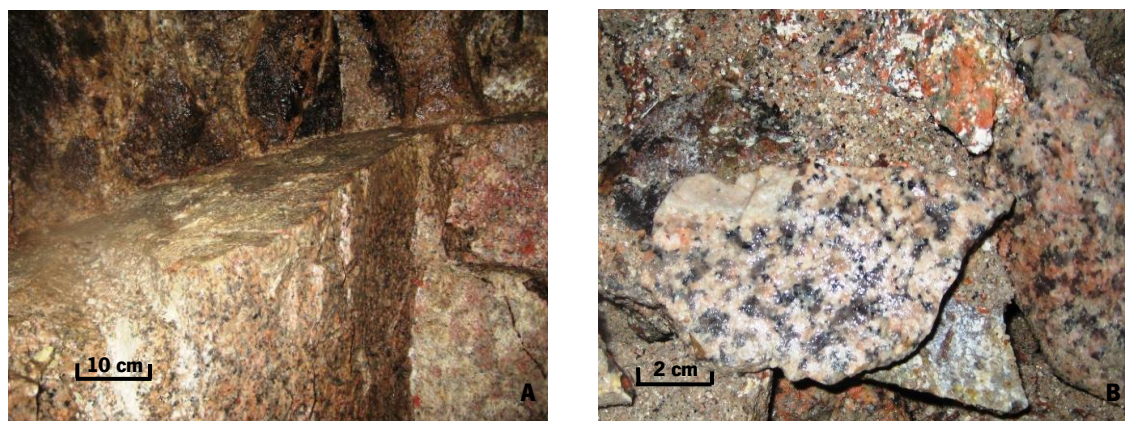


Figura 3.11 – A - Concentrações de biotite no granito do Gerês, dentro da galeria principal em Las Sombras; **B** – Pormenor de concentrações de biotite no granito do Gerês..

Quadro 3.III – Composição química média dos granitos do Gerês e dos Carris em elementos maiores, menores (%) e vestigiais (ppm). Fe_2O_3 tot = Fe total sob a forma de Fe_2O_3 . n = n° de amostras. - = não determinado para todas as amostras (extraído de Mendes, 2001).

	Gerês	Carris		Gerês	Carris		Gerês	Carris
SiO₂	74.68	73.19	Ba	171	557	La	30.14	41.60
Al₂O₃	12.80	13.85	Rb	290	291	Ce	62.82	76.51
Fe₂O₃ tot	2.10	1.88	Sr	42	93	Nd	31.96	34.04
MnO	0.03	0.04	Nb	14	16	Sm	8.78	7.81
MgO	0.26	0.32	Zr	149	142	Eu	0.65	0.77
CaO	0.97	1.18	Y	55.72	41.93	Gd	8.05	7.02
Na₂O	3.49	3.53	Be	5.5	7.0	Dy	8.55	6.71
K₂O	4.56	4.57	Zn	54	43	Er	4.59	3.48
TiO₂	0.18	0.18	Cu	8	5	Yb	5.49	3.98
P₂O₅	0.06	0.05	Ga	17	17	Lu	0.92	0.64
P.F.	0.67	0.99	Th	28	23			
TOTAL	99.81	99.78	Sc	-	-			
			Cr	110	35			
			Ni	19	7			
			V	11	14			

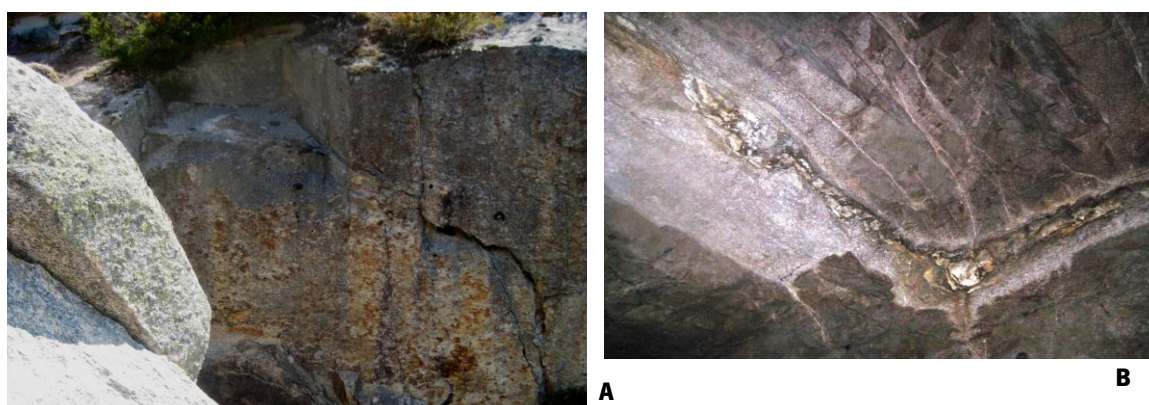


Figura 3.12 – Ilustrações de contactos litológicos entre granitos. Aspectos cromáticos e morfológicos típicos, reconhecidos em Las Sombras: **A** – Afloramento próximo de cortas, exterior das minas. **B** - Interior da galeria.

Noronha (1984) salienta a importância do alinhamento tectónico NS a N20° W na área do maciço granítico da Serra do Gerês pois não só condicionou a instalação dos granitos como desempenhou um papel decisivo no controlo da atividade dos fluidos tardios, correspondendo-lhe o alinhamento das mineralizações em W-Sn-Cu-Mo-Bi e a ocorrência de “granitos vermelhos”.

O “granito vermelho” é considerado como um sienito secundário (epissienito feldspático) resultante da alteração do granito do Gerês e do granito dos Carris em fase posterior à sua consolidação.

Mendes (2001) também faz referência a este tipo de alteração, mencionando que nos granitos de Gerês, Paufito e Carris se observam, com elevada frequência, zonas mais ou menos extensas em que o granito se apresenta enrubescido.

O enrubescimento deu-se preferencialmente ao longo de planos de cisalhamento ou de fratura, estando estes, por vezes, preenchidos por quartzo e epidoto.

Sobre os trabalhos desenvolvidos a respeito do estudo das amostras granitoides de enrubescimento dos granitos destaca-se, ainda, o estudo dos litótipos aflorantes entre os vértices geodésicos Chamiçais e Xertelo, próximo das localidades de Carris e Cabril (Fernandes e Leal Gomes, 2008).

Um outro trabalho de reconhecimento geológico dos granitos vermelhos descreve onze afloramentos na região da Lapela - Gerês sendo aí apresentadas as características principais da rocha observáveis macroscopicamente (Moreira e Ramos, 1982).

O enrubescimento mais intenso poderá associar-se a fraturas bem definidas, contínuas e preenchidas por veios quartzosos, ou está situado ao longo de corredores de cisalhamento com azimutes variáveis N7-12°E e N5-15°W.

Valente *et al.* (2000) salientam a existência de numerosos afloramentos filonianos, a N da cumeada da Nevosa, com pegmatitos miarolíticos encaixados em granitos da fácies do Gerês, sendo de destacar a mineralização em berilo, da variedade água marinha, na maioria dos filões.

A análise macroscópica da rocha filoniana revela texturalmente um carácter misto, aplito-pegmatítico. A fácies pegmatítica é nuclear (onde podem ocorrer cavidades) e os constituintes essenciais são: quartzo hialino e fumado, microclina a ortose, por vezes, pertítica e amazonítica com albite, apresentando cristais automórficos de quartzo hialino a fumado e de microclina. O mineral acessório mais paradigmático é o berilo, por vezes qualificável como “água marinha”.

Também o designado “Penedo da Saudade” comporta afloramentos pegmatíticos enriquecidos com berilo comum e água marinha (menos frequente), que lhe conferem elevado interesse mineralógico. No referente à fracturação, esta expressa-se a várias escalas e níveis de organização “acolhendo” filões de espessura variável.

As falhas refletem a combinação dos diversos deslocamentos próprios dos acidentes subverticais maiores nos quais as direções NNW-SSE, NE-SW e EW a WNW-ESSE são preponderantes. Também se observam EW a WNW-ESSE, por vezes com trajetórias curvilíneas (Cottard, 1979).

As direções principais de diaclasamento incluem, ainda, as direções: N20E, N70E, N40W (N20W na zona central e oriental do maciço) (Figura 3.13).

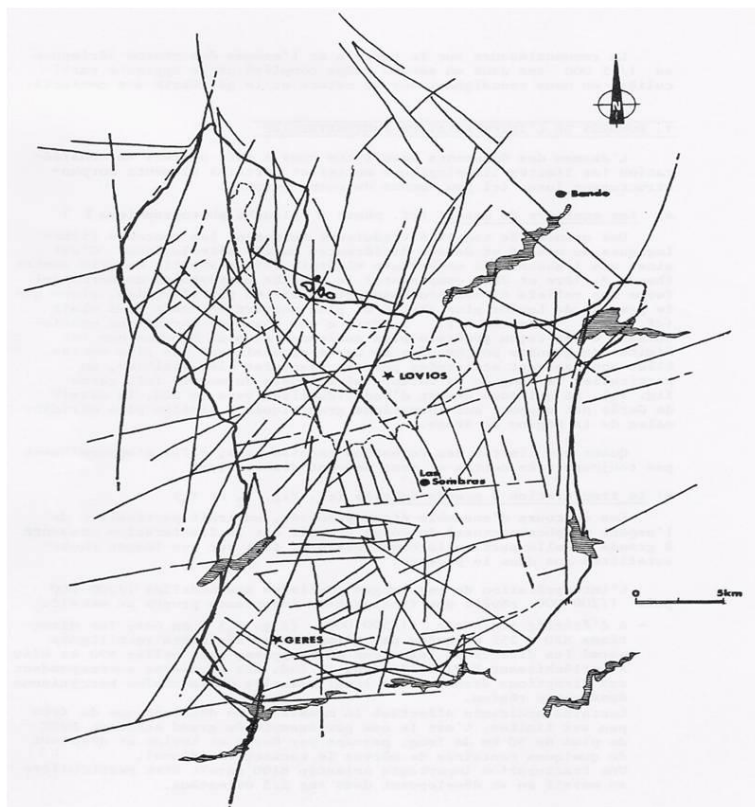


Figura 3.13 – Principais fraturas, visíveis sobre fotografia de satélite, do maciço de Peneda-Gerês (extraído de Cottard, 1979).

3.2.3. Estruturas mineralizadas – Paragéneses primárias e secundárias

No que respeita às mineralizações, a área mais mineralizada do maciço granítico da Peneda-Gerês é a da Serra do Gerês onde filões quartzosos e filonetes quartzo-feldspáticos mineralizados atravessam o granito do Gerês em zonas onde ocorre também o granito de Carris (Mendes, 2001).

Noronha (1983) menciona que no maciço granítico Lovios-Gerês havia a assinalar a ocorrência de várias estruturas mineralizadas, a maioria das quais tinha sido alvo de trabalhos mineiros para exploração de volfrâmio, molibdénio e estanho. Pelo que, foram consideradas como as mais importantes: “Las Sombras”, do lado espanhol, e “Carris” e “Borrageiro”, do lado português. Noronha (1982, 1984) refere a relação entre estas mineralizações e as rochas graníticas do triângulo Gerês-Barroso-Cabreira.

Tais estruturas mineralizadas em W e/ou Sn, espacial e geneticamente associadas ao maciço granítico da Serra do Gerês, têm a particularidade de apresentarem, também, mineralização significativa em Cu, Mo e Bi, facto que é invulgar no contexto da Província Estano-Volframítica da Península Ibérica (Noronha, 1984).

De acordo com Moura *et al.* (2011), os filões encontram-se instalados no granito do Gerês que intruiu um substrato xistento de idade silúrica. Trata-se de um granito varisco de tonalidade rosa, biotítico, de grão médio a grosseiro, porfiróide, pós-D3 que ocupa uma área de 20x40 km entre Portugal e Espanha. Perto da mina dos Carris ocorrem dois afloramentos do designado granito dos Carris, um litótipo de grão fino, biotítico e de tendência porfiróide. Estes granitos foram datados por Dias *et al.* (1998) em 296 ± 2 Ma (granito do Gerês) e 280 ± 5 Ma (granito dos Carris), utilizando o método U-Pb em zircões e em monazites.

A área mineira dos Carris encontra-se muito compartimentada por uma rede heterogénea de fraturas que acolheram veios quartzosos mineralizados e encaixados nas rochas graníticas. Os lineamentos com mineralização mais persistente apresentam azimutes próximos de N-S organizando-se em duas zonas de cisalhamento principais, tradicionalmente denominadas *filão Salto do Lobo* e *filão Paulino* (Figura 3.14) (Moura *et al.* 2011).

No referente aos dois filões supracitados, citado em Dossier Mineiro dos Carris (1941), estes são quartzosos, verticais e mineralizados pela volframite com direção dominante N/S, aproximadamente paralelos (numa extensão de 750 m), com possança média de 0,20 m. Somente o filão “Salto do Lobo” foi alvo de um plano de lavra.

Os filonetes quartzo-feldspáticos centimétricos orientados N-S e subverticais observam-se lateralmente sobre mais de 400 m, seguindo-se por mais de 1,5 km.

Na área mineira Las Sombras existem bastantes vestígios de explorações a “céu aberto”. Os filões hospedeiros da mineralização foram explorados numa profundidade de 40 m e numa extensão longitudinal de cerca de 250 m. Somente a galeria principal (planta 21) e a que se situa abaixo do céu aberto principal (planta 0) persistem acessíveis. Os níveis inferiores estão inundados. Da figura 3.15 constam os quatro níveis de exploração traçados na parte norte do jazigo (Cottard, 1979).

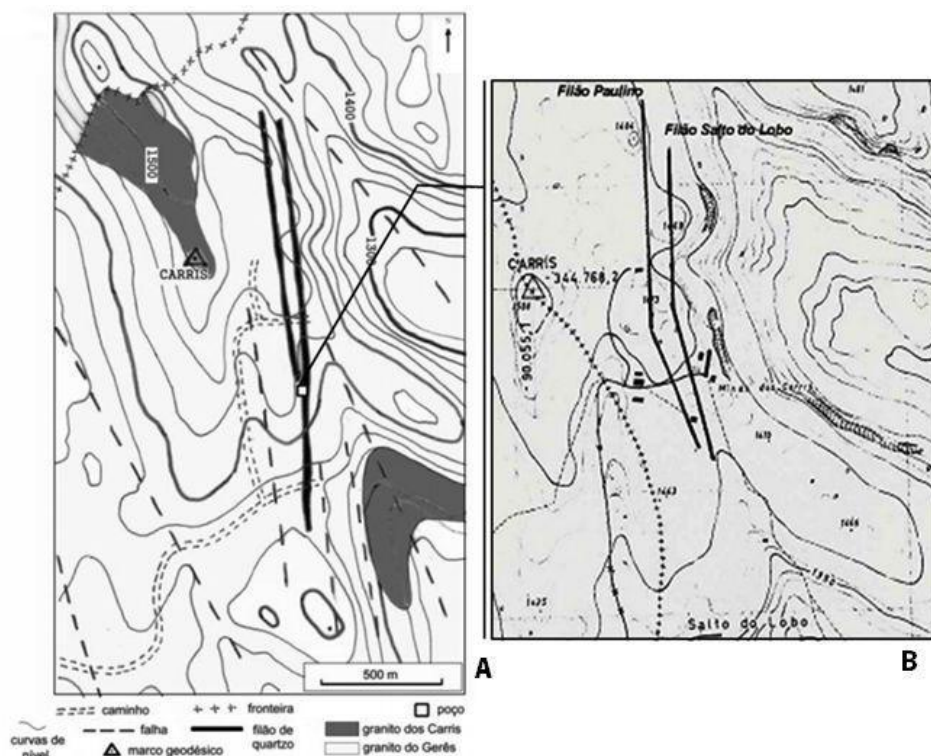


Figura 3.14 – A - Localização dos filões da mina dos Carris (extraído de Moura *et al.* 2011). **B** – Excerto da planta topográfica 1:10 000, que acompanhou o relatório de reconhecimento do jazigo subterrâneo (Dossier Mineiro dos Carris - Concessão Salto do Lobo, 1941).

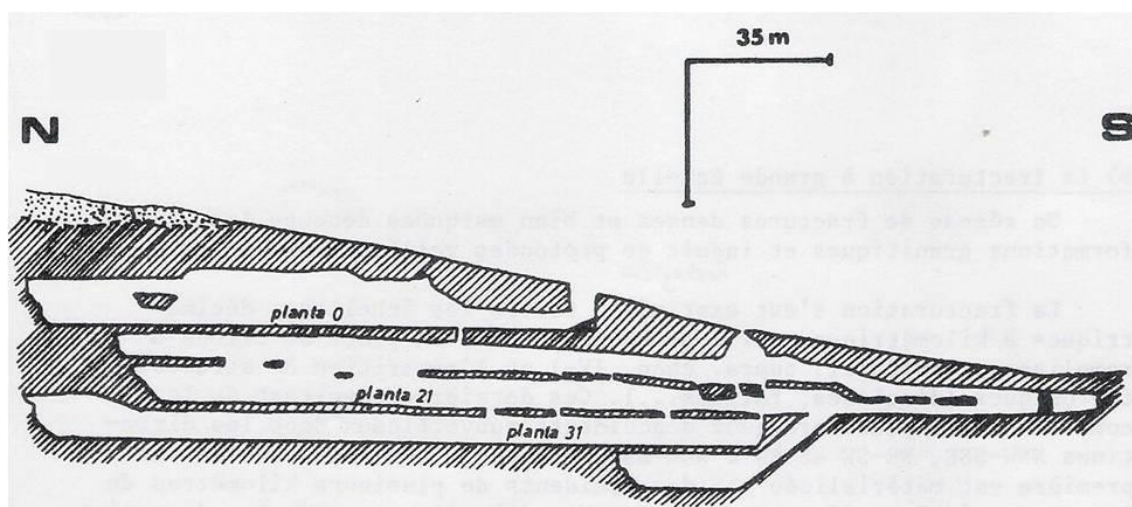


Figura 3.15 – Corte norte-sul dos trabalhos mineiros em Las Sombras. Diferentes níveis de exploração, documento “Grupo mineiro, Las Sombras” (adaptado de Cottard, 1979).

A caracterização das estruturas mineralizadas em Las Sombras passa, maioritariamente, pelo mencionado em Cottard (1979), já que o mesmo desenvolveu um trabalho pioneiro, e praticamente único, no qual descreveu exaustivamente as diversas estruturas geológicas observáveis na parte espanhola e junto à fronteira, na zona de Las Sombras e Carris (Serra do Gerês-Xurés).

Conforme o que foi descrito por aquele autor, os filões polimetálicos reconhecidos em Las Sombras afloram no flanco oeste de Altar dos Cabrões.

O principal da mineralização visível exprime-se num conjunto de filonetes quartzo-feldspáticos e filões de quartzo subparalelos orlados por lenticulas de greisen micácio e por faixas de episienitos. O conjunto ocupa uma “caixa filoniana” de 2 a 3 metros de possança, orientada a N10 E e inclinada 75° para este, sendo esta referente a um filão no qual o seu encaixante é mais relevante pela sua extensão e por marcar a unidade do sistema filoniano de Las Sombras (Figura 3.16).

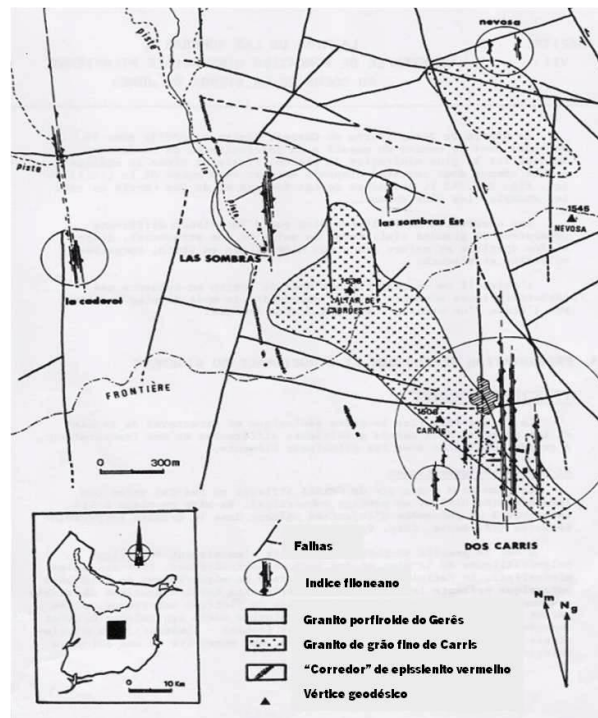


Figura 3.16 – Esquema geológico e estrutural das principais minas e índices da região fronteiriça da serra do Xurés. Escala 1/ 15 000. Sistema filoniano de Las Sombras (adaptado de Cottard, 1979).

Segundo Cottard (1979), a mineralização de Las Sombras distribui-se por quatro corpos principais: lâminas e veios de episienito, filonetes quartzofeldspáticos (e quartzosos), lenticulas ou vénulas lenticulares e bolsadas de greisen e, ainda, filões de quartzo (Figura 3.17).

Os índices filonianos de Las Sombras E revelam a existência de filonetes paralelos mineralizados (berilo, volframite e sulfuretos de ferro) diversamente espaçados sobre uma possança de cerca de 20 m.

De forma geral, as estruturas filonianas não constituem descontinuidades planares bem definidas e contínuas pois, de aspeto muitas vezes ondulado, elas podem ramificar-se, recortar-se ou desaparecer.

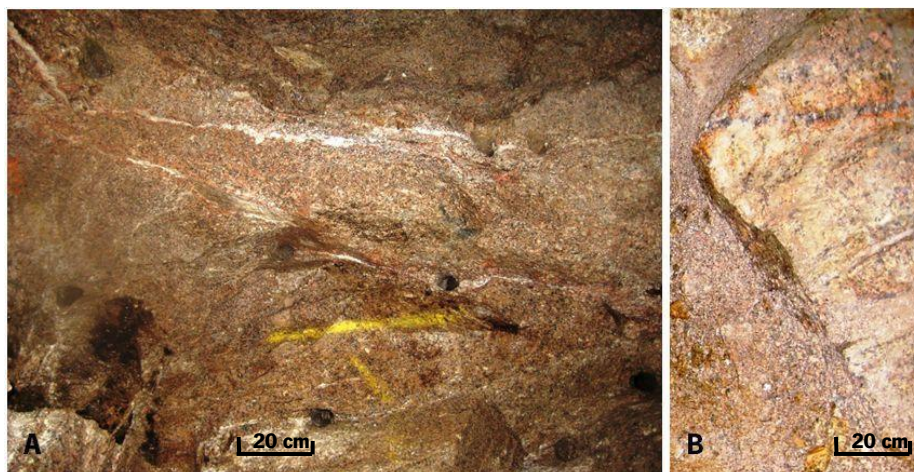


Figura 3.17 – A – Vênulas de quartzo no seio do sienito. **B** – Sienito com vênula de volframite. Interior da galeria de Las Sombras.

Em Moura *et al.* (2011) refere-se que os lineamentos mineralizados dos Carris correspondem a zonas de cisalhamento com eixos e azimutes principais N008° W a N007° E. A estrutura interna dos corredores deformacionais mostra geometrias de rutura e preenchimento quartzoso compatíveis com um regime dilatacional extensivo, transpressivo a transtensivo (Figura 3.18).

As diferentes paragêneses observadas nos corpos venulares circunscritos estão sequenciadas em concordância com sucessivas reativações cisalhantes, as quais determinam a estrutura interna dos veios – estrutura de tipo *crack-seal* - por fracturação recorrente e selagem quartzosa, com mineralizações polifásicas de Be, Nb, Ta, Sn, Mo, W, Bi, Zn e Cu.

Nos estádios paragenéticos mais precoces ocorrem salbandas feldspáticas com estrutura em *comb*, além da alteração hidrotermal poder ser contrastante (filítica potássica, microclínica e hematítica ou, em alternativa, albitica, clorítica e sulfídica).

Em alguns veios, o crescimento em pente dos cristais de feldspato alcalino é concordante com o estiramento interno dos veios quartzosos, observando-se uma transição gradual na bordadura para associações de microclina e quartzo com textura gráfica, pegmatítica. Estes corpos pegmatíticos têm atitude concordante com os veios quartzosos mineralizados e, por isso, podem considerar-se sintaxiais, relativamente ao cisalhamento. Em outros casos, os pegmatitos mais precoces, mesmo que retomados pela dilatação preenchida por quartzo, têm atitude e estrutura interna ortogonais às dos veios hidrotermais, pelo que são considerados antitaxiais relativamente ao cisalhamento.

Os pegmatitos antitaxiais e sintaxiais são cogenéticos e, do ponto de vista paragenético, estão incluídos na classe de elementos raros e no tipo NYF.

Também nos corpos antitaxiais podem observar-se fenómenos de continuidade de cristalização entre as caixas pegmatíticas e a porosidade dilatacional gerada no granito encaixante e já sin-

cinemática do cisalhamento. Um dos exemplos mais impressionantes diz respeito à ocorrência de berilos azuis feríferos, com euclase associada, tanto na transição zona intermédia - núcleo de quartzo dos pegmatitos antitáxicos - como em disseminação no granito encaixante, afetado pela alteração hidrotermal associada às mineralizações tungstíferas.

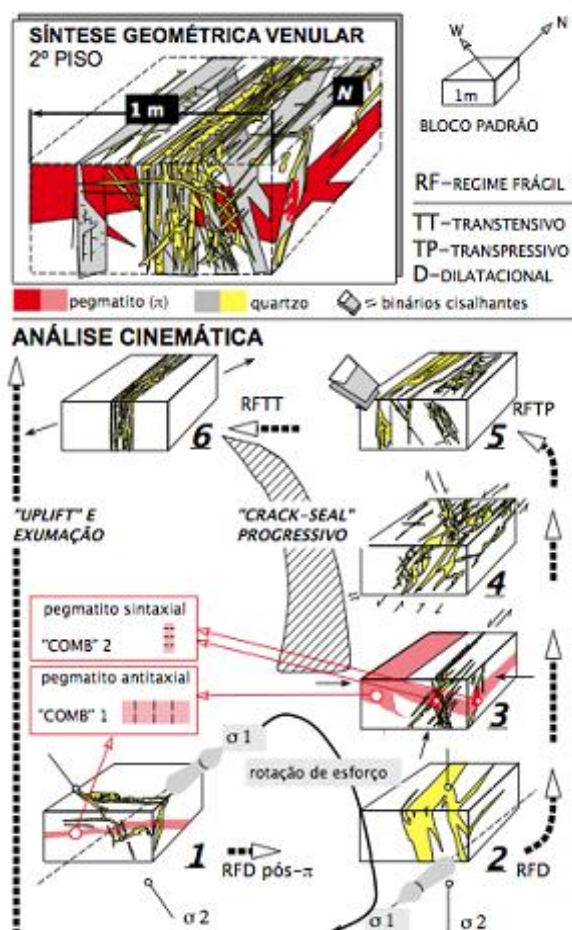


Figura 3.18 – Síntese da análise estrutural detalhada efetuada sobre afloramentos, trincheiras e trabalhos subterrâneos nos feixes venulares de Paulino e Salto do Lobo (pisos 1 e 2) (Moura *et al.*, 2011).

No que concerne à caracterização da paragénesese dos jazigos em estudo, Noronha (1983) investigou a mineralogia dos filões dos Carris, Las Sombras e Borralha e caracterizou tal mineralogia a partir de diversas associações minerais (Quadro 3.III), referindo como a mais precoce a da volframite com cassiterite à qual se seguiram outras associações principalmente constituídas por sulfuretos.

A molibdenite é um dos primeiros sulfuretos e a ela encontram-se associadas, frequentemente, a bismutinite, a calcopirite e os sulfossais de bismuto, chumbo e cobre.

A galena, o bismuto nativo, a calcopirite e a clorite constituem outra associação comum, tal como a de blenda com calcopirite.

Quadro 3.III – Mineralogia dos diferentes jazigos geneticamente associados com os granitos da serra do Gerês. a) Ferberite (MnO₄,5%), b) Volframite (6,21% < MnO < 8,72%), c) Por vezes em cristais euédricos, d) Rara (adaptado de Noronha, 1983).

	Carris	Sombras	Borralha
Moscovite	x	x	x
Cassiterite	x	x	
Volframite	x (a)	x	x (b)
Scheelite	x (c)	x (c)	x (c)
Mica Verde	x	x	x
Clorite	x	x	x
Molibdenite	x	x	x
Arsenopirite	x (d)	x	x (d)
Blenda	x	x	x
Pirrotite		x	x
Pirite	x	x	x
Calcopirite	x	x	x
Bismutinite	x	x	x
Galena		x	x
Fluorite	x	x	x
Bismuto	x	x	x
Sulfossais	x	x	x
Estanite	x		x

Nos Carris a cassiterite aumenta com a profundidade enquanto Las Sombras é mais rica em molibdenite e cassiterite e menos rica em volframite que os Carris (Le Mailloux, 1971; Cheilletz, 1972 e Cottard, 1979) e está localizada a cota inferior. Tais factos parecem apontar para um aumento em molibdenite e cassiterite, com a profundidade (Noronha, 1983).

Segundo Castroviejo (1975), na mina de Las Sombras (Serra do Xurés) as molibdenites apresentam deformações que são devidas a esforços tectónicos, enquanto a calcopirite é parcialmente substituída por blenda a qual, por sua vez, revela pequenas inclusões de calcopirite, possivelmente residuais.

Relativamente à paragénesis em Las Sombras, Cottard (1979) efetuou um estudo exaustivo a partir do qual descreveu as principais associações paragenéticas e estabeleceu a sucessão das fases minerais essenciais. Deste modo destacam-se três tipos de mineralizações:

- Mineralizações dos filonetes quartzo-feldspáticos e dos filões de quartzo

- A)** Associação precoce: volframite-cassiterite-molibdenite (ao nível dos filonetes quartzo-feldspáticos esta associação observa-se, frequentemente, na presença de berilo azul esverdeado, cristalizado em fibras radiadas);
- B)** Associação de sulfossais de bismuto, de chumbo e de cobre: cosalite (Pb₂Bi₂S₃) e aikinite (PbCuBiS₃);
- C)** Associação galena-bismuto nativo e galena-bismuto nativo – calcopirite - (clorite);

- D)** Associação sulfuretada: esfarelite - calcopirite;
- E)** Associação: galena – tenantite;
- F)** Associação: pirite – arsenopirite - calcopirite;
- G)** Outras fases minerais tardias (diversas fases secundárias marcam as últimas etapas da história da mineralização, a saber: clorite em vénulas a recortar o conjunto das mineralizações precedentes ou a preencher as cavidades deixadas nas estruturas filonianas e episódio de crescimento de fluorite a intercalar-se nos últimos estádios do depósito, muitas vezes no preenchimento de fissuras).

- Mineralizações dos sienitos

A partir da observação de lâminas e veios sieníticos foi possível observar-se uma mineralização que inclui:

- cassiterite e molibdenite mais frequentes, preenchendo os veios feldspáticos ou disseminadas na rocha encaixante;
- volframite quase inteiramente substituída por scheelite, com resíduos finos de volframite numa matriz scheelítica;
- fluorite-scheelite (em associação sistemática), aparecendo igualmente no enchimento de miárolos com fluorite subautomórfica e scheelite primária;
- espécies mais tardias presentes, de forma discreta, através da associação clorite-pirite (calcopirite) colmatando fissuras e cavidades;
- calcite e autunite (fases raras) cristalizadas no interior de fraturas.

- Mineralizações de tipo greisens

As espécies minerais presentes em bandas greisenizadas constituem associações mais restritas. Na fração mineral grosseira ocorre molibdenite, pirite, arsenopirite, calcopirite, fluorite e, acessoriamente, zircão.

Cottard (1979) indica diversas fases minerais caracterizadoras das principais tendências de evolução mineral:

- fase de mineralização precoce, inclui os minerais úteis: volframite, cassiterite e molibdenite; tal fase aparece igualmente associada aos sulfossais de bismuto, blenda e calcopirite, termos sulfuretados de um depósito intermédio de índole calcófilo associado ao desenvolvimento de filossilicatos.
- fase hidrotermal tardia (expressa pela galena e minerais de cobre cinzentos) que surge no seguimento de um episódio tardio de fissuração com o depósito sucessivo de pirite-arsenopirite e calcopirite, em estreita associação com a clorite; desta forma é provável que, durante este estágio, se opere a destabilização dos sulfossais de bismuto em sulfuretos secundários e bismuto nativo e, ainda, se desenvolva scheelite secundária.
- fase supergénica, inclui minerais resultantes da alteração de fases primárias.

Em síntese, mediante o exposto em Cottard (1979), os corpos mineralizados, existentes em toda a área mineira de Las Sombras, formaram-se a partir de três episódios mineralizantes principais, seguidos de um episódio de alteração supergénica. O primeiro destes dois episódios é caracterizado pela formação inicial de berilo, numa fase menos duradoura comparativamente com as que envolveram a formação de volframite, cassiterite e molibdenite (acompanhados de quartzo e de moscovite) e de bismutinite e bismuto nativo. Mais tardiamente surgiram minerais como cosalite e aikinite, na fase final deste episódio.

No segundo episódio apareceram minerais como blenda, calcopirite e espécies minerais em menor quantidade como a pirrotite, galena e tenantite, aparecendo também a clorite.

Já no terceiro episódio surgiram sulfuretos como pirite, arsenopirite, calcopirite associados à fluorite.

Resultantes da alteração supergénica formaram-se espécies minerais em quantidade diminuta, de que são exemplos a covelite, scodorigite e farmacosiderite.

No que diz respeito aos minerais da ganga, o quartzo é, sem dúvida, o mais importante. A formação deste mineral iniciou-se concomitantemente com os episódios de volframite e continuou até os últimos episódios da mineralização acompanhando, portanto, todas as fases da formação do minério. Além do quartzo, pode encontrar-se a moscovite e clorite.

As figuras 3.19 e 3.20 e o quadro 3.IV permitem compreender as relações geométricas e paragenéticas entre pegmatitos e filões dos Carris.

Pela análise do esquema obtido a partir do 2º piso de exploração na mina dos Carris, presente na figura 3.19, pode inferir-se que o granito do Gerês é intersectado por um veio quartzoso zonado com microclina de salbanda, cuja periferia é enrubescida. Este veio é também posterior a um pegmatito amazonítico enrubescido a epissienitizado. Tais factos corroboram parte do enquadramento geológico das áreas mineiras dado que é observável a presença quer de pegmatitos quer de veios e, não menos importante, a sua relação com a presença de enrubescimento e de epissienitização. Além do que são estabelecidas relações geométricas entre filões que atestam a sucessão entre pegmatitos com água marinha – enrubescimento do feldspato potássico – veios com volframite e scheelite.

Da figura 3.20 consta a diversidade de minerais que fazem parte da constituição quer do granito biotítico quer do pegmatito. Verifica-se que o enrubescimento no granito inclui microclina, feldspato potássico, quartzo e, também, berilo azul enquanto no granito predominam os sulfuretos - como kesterite, estanite, molibdenite e várias gerações de pirite - e tungstatos, como a volframite.

A sucessão de fases minerais observada na transição de pegmatito para veio de quartzo está também patente no quadro paragénico ilustrado em quadro 3.IV.

Alguns dos aspetos mencionados respeitantes às paragéneses dos jazigos dos Carris e de Las Sombras encontram-se consolidados nas figuras 3.21 e 3.22.

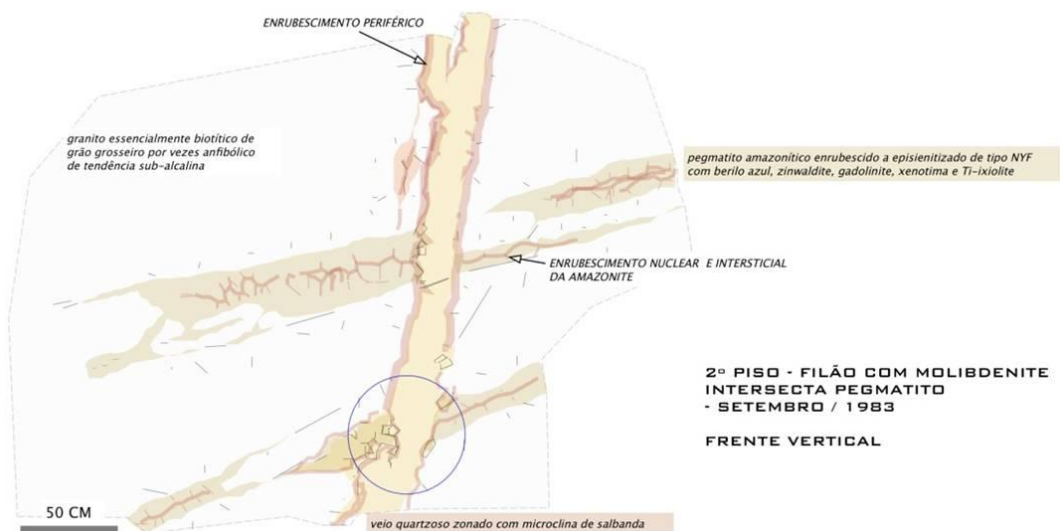


Figura 3.19 – Relações geométricas entre filões, no espaço mineiro Carris. Continuidade entre: pegmatitos com água marinha – enrubescimento do feldspato posstático – veios com volframite e scheelite.

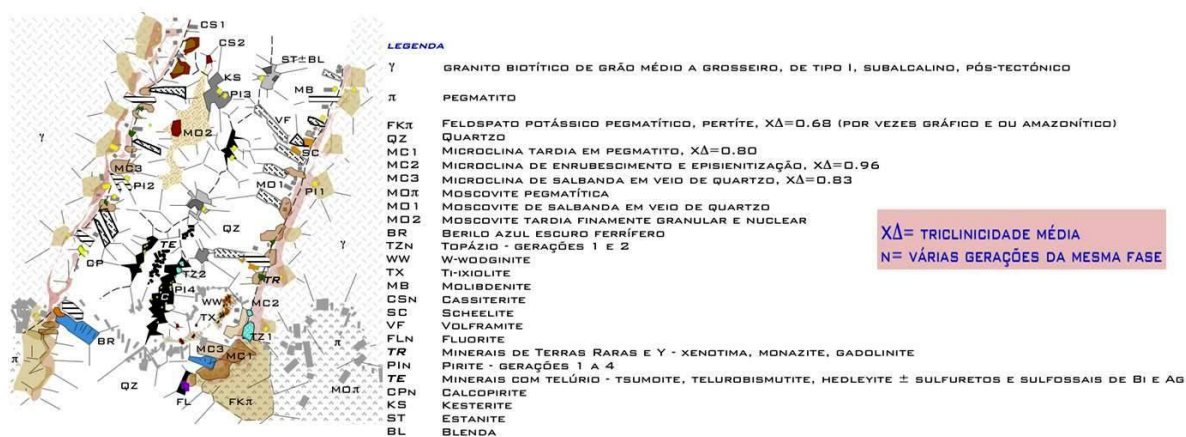


Figura 3.20 – Relações geométricas entre fases do espaço mineiro Carris.

Quadro 3.IV – Quadro paragenético da transição de pegmatito para veio de quartzo, em Carris.

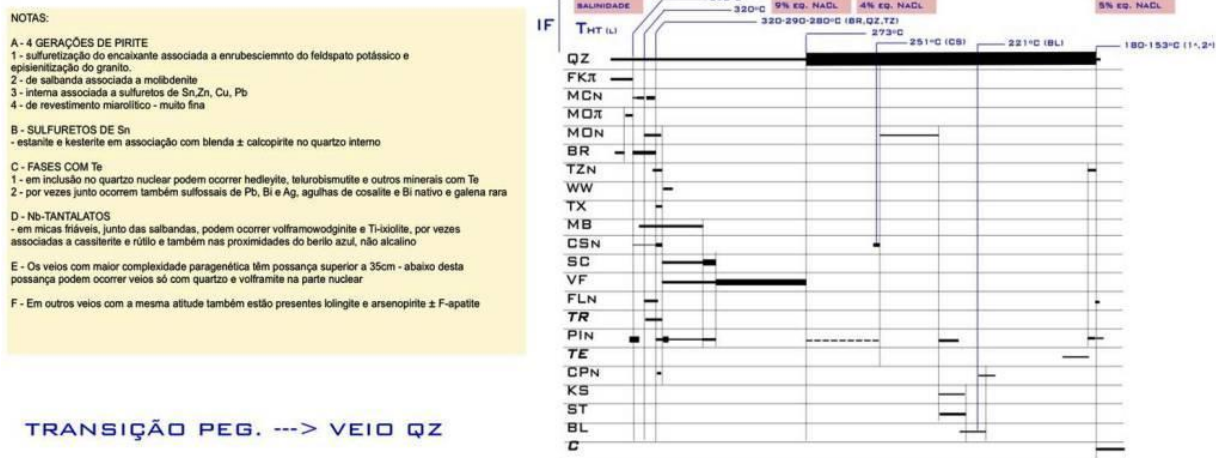




Figura 3.21 – Fragmentos de “*tout venant*” observados em escombreira, no espaço mineiro Las Sombras.

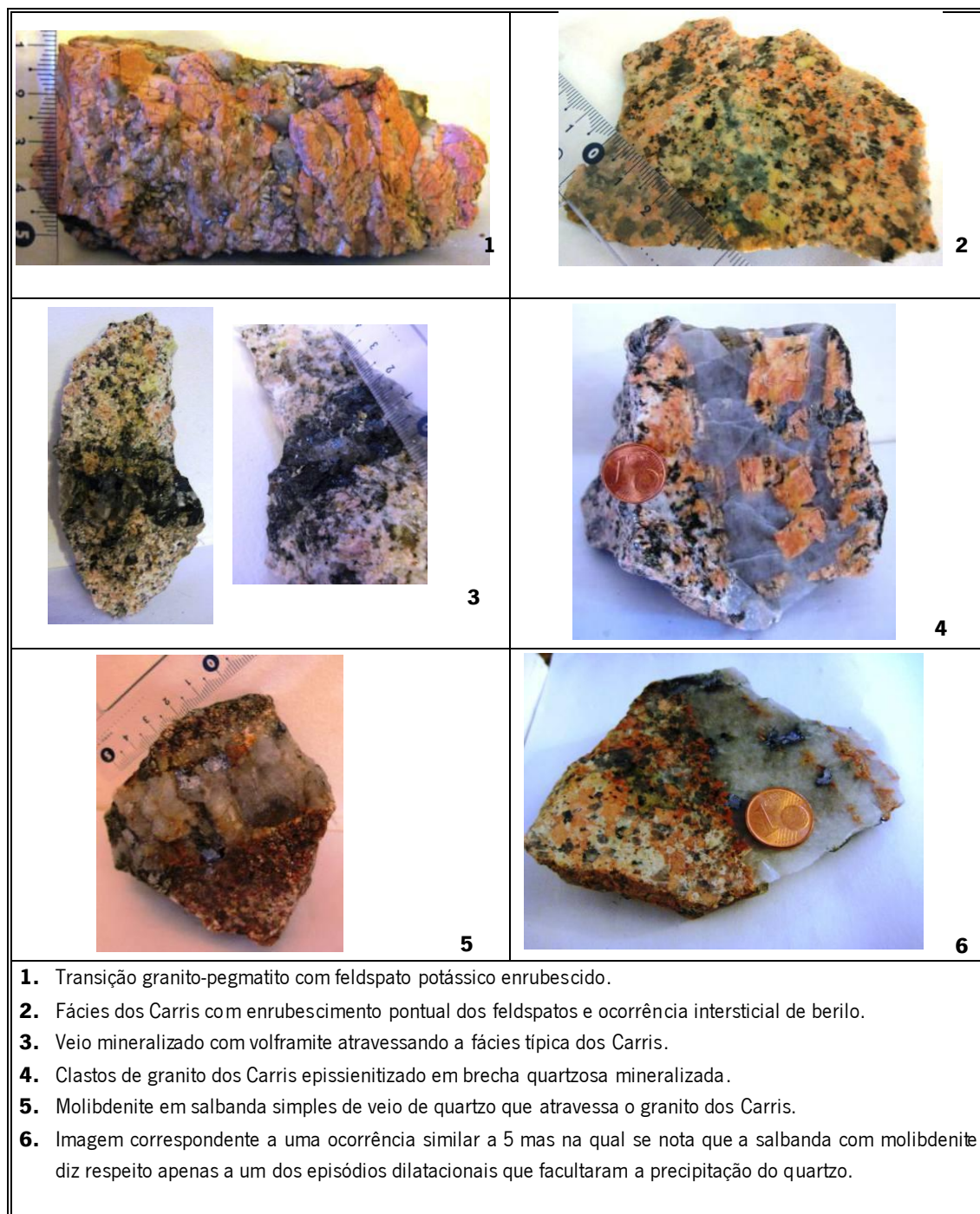


Figura 3.22 – Aspectos das estruturas e mineralizações expressas nas fácies graníticas dos Carris e Las Sombras.

Respeitante à figura 3.22, esta consta de um fragmento “*tout venant*” relativo a granito dos Carris com a presença demarcada de quartzo, volframite e molibdénio em filonete. Microscopicamente verifica-se que a molibdenite está intercrescida com bismuto nativo e bismutinite.

Relativamente à figura 3.23, de entre as amostras de mão analisadas destacam-se as que correspondem a granito dos Carris com salbanda de volfrâmio de, aproximadamente, 2,5 cm de largura (figura 3.23, 3) com desaparecimento de feldspato à medida que se aproxima o volfrâmio e granito dos Carris com salbanda contínua de molibdenite e incipiente enrubescimento (figura 3.23, 5).

3.2.4. Análise comparativa dos diversos jazigos minerais

Pelo descrito em Mateus e Noronha (2010), as rochas granitoides aflorantes na Zona Centro Ibérica têm sido classificadas de diversos modos, destacando-se a categorização que faz uso da idade e relação com a 3ª fase de deformação Varisca (D3) (320-315 Ma) e que classifica os granitos sinorogénicos em sintectónicos, tarditectónicos tardi- a pós-tectónicos e pós- tectónicos.

- O conjunto sintectónico “sin-D3” (\cong 320 e 310 Ma) agrega, principalmente, granitos de duas micas fortemente peraluminosos com afinidade alumino-potássica e representa a cristalização de magmas derivados da fusão parcial de metassedimentos pelíticos, ocorrida a uma profundidade média de 15 km sob 650-700°C e <5 kbar.
- O conjunto “tardi-D3” (\cong 310-305 Ma) inclui monzogranitos/granodioritos biotíticos moderadamente peraluminosos e afinidade alumino-potássica, resultantes da cristalização de magmas gerados por fusão parcial de materiais metagrauvacóides e/ou meta-ígneos félsicos.
- O conjunto “tardi- a pós-D3” (\cong 300 Ma) é dominado por leucogranitos peraluminosos de duas micas e afinidade alumino-potássica franca.
- O conjunto “pós-D3” (\cong 296-290 Ma) revela-se distinto de todos os anteriores, compreendendo granitoides de afinidade subalcalina ferro-potássica composicionalmente evoluídos resultantes de fusão parcial basi-crustal.

O estudo químico e isotópico (Sr, Nd) das seis fácies constituintes do maciço de Peneda-Gerês permite concluir que ele terá resultado da implantação subcontemporânea (296 – 290 Ma) de, pelo menos, três magmas graníticos distintos, os quais constituiriam pulsos magmáticos independentes: granitos de Gerês e de Covas, granitos de Paufito e de Illa e granito de Calvos.

Quanto aos corpos que constituem o granito de Carris, este poderá resultar de um magma independente ou poderá estar relacionado com o granito de Paufito e de Illa apresentando assinatura isotópica distinta devido a fenómenos de interação isotópica com o magma de Gerês, durante a ascensão síncrona dos dois magma (Mendes e Dias, 2003).

Em Mateus e Noronha (2010) é referido que durante o levantamento crustal (iniciado aos 300 Ma), a elevação da transição dúctil-frágil reforça a redução da resistência mecânica crustal, uma vez que o desenvolvimento das anomalias térmicas progride segundo taxas que superam a dissipação do calor por condução e advecção.

Consequentemente, a instalação dos granitoides “tardi- e pós-D3” poderá ocorrer a profundidades relativamente reduzidas e o conjunto de estruturas que potencialmente se geram, em seu torno, representarão condutas adequadas para a drenagem do sistema de fluidos envolvido nos processos de arrefecimento; a sustentação de circuitos convectivos é agora favorecida, atendendo aos incrementos significativos da permeabilidade efetiva da crosta. Nestas circunstâncias poder-se-ão desenvolver mineralizações filonianas diversas [com claro predomínio das que se expressam pela associação W (-Sn \pm Cu \pm Mo \pm Pb \pm Zn)], as quais envolvem soluções aquo-carbónicas e aquosas com salinidade variável que denunciam misturas entre fluidos de origem metamórfica e meteórica, circulando predominantemente sob condições P-T inferiores a 1,5 kbar e 400°C.

Segundo Pereira *et al.* (1993), as concentrações minerais resultam de processos complexos com interações magmáticas, metamórficas e sedimentares e mobilizações por fluidos de origem e natureza diversificada. No caso das mineralizações de Sn-W, evidenciam-se pré-concentrações sedimentares (Sn) e químicas ou exalativo-vulcânicas (W) e relação genética e espacial com granitoides, sendo o controlo dos cisalhamentos essencialmente mecânico.

Atendendo à fase de deformação hercínica (D3) e ao essencial das suas mineralizações verifica-se, de forma genérica, o seguinte:

- Instalação sin-D3 de granitoides de duas micas – mineralização principal em Sn;
- Instalação sin-tardi-D3 de granitoides biotíticos porfiróides - mineralização principal em Sn e W;
- Instalação pós-D3 de granitoides biotíticos, ricos em feldspato potássico e de tendência subalcalina - mineralização principal em W e Mo.

Atendendo às áreas mineiras em estudo – mina dos Carris e mina Las Sombras – estas pertencem ao Maciço Peneda-Gerês, localizam-se no quadro dos granitoides hercínicos – tardi a pós-orogénicos – com instalação após a 3ª fase de Deformação Hercínica (F3), sendo os granitos constituintes - lgranito dos Carris e granito do Gerês - de afinidade subalcalina, já que apresentam características tipológicas de granitos de associações subalcalinas ferro-potássicas (Mendes, 2001). Deste modo, constata-se que as regiões mineiras em investigação se ajustam ao conjunto “pós-D3”.

Segundo Neiva (2002), os veios de quartzo com volframite existentes nos Carris, com idade de cerca de $302 \pm 4\text{Ma}$, encontram-se associados ao granito biotítico de tipo I peraluminoso, o qual revela uma grande anomalia negativa de Eu devido à sua origem do manto.

Assim, no conjunto de jazigos filonianos (Sn, Sn-W, W), as áreas mineiras em investigação estabeleceram-se em situação pós-tectónica relativamente a D3, constituindo o tungsténio e o molibdénio o essencial da sua mineralização.

Em comparação, Neiva (2002) refere que as mineralizações em estanho e tungsténio estão associadas aos granitos tipo S de duas micas, Hercínicos. Na região existem veios de quartzo de estanho – tungsténio, com volframite como o principal minério económico, ocorrendo a cassiterite em menores quantidades, facto relacionado com um granito greisenizado. Ao granito greisenizado da Panasqueira está associada uma mineralização em que $W > \text{Sn}$.

No enquadramento geológico das áreas mineiras em estudo verifica-se, também, a presença dos denominados “granitos vermelhos”, isto é, a existência de afloramentos de rochas alteradas que apresentam afinidades episieníticas.

Fernandes e Leal Gomes (2008) referem-se a produtos pétreos de coloração rosea, como resultado de processos de alteração hidrotermal que intervêm em estados diferenciados de consolidação dos granitos. Segundo os autores, a episienitização e enrubescimento observados nos granitos aflorantes no Gerês estão relacionados com fenómenos de evolução deutérica responsáveis pelos padrões cromáticos e texturais. Tais fenómenos relacionam-se, por sua vez, com transformações pseudomórficas (essencialmente isovolúmicas) ou transformações com variação aparente de volume a partir de fácies primárias predominantes no maciço.

O enrubescimento mais intenso do granito está condicionado pelas fraturas mais definidas, contínuas e preenchidas por veios, essencialmente, quartzosos.

As rochas episieníticas ocorrem em contextos graníticos onde, frequentemente, se verifica também a presença de mineralizações de U e/ou Sn-W, entre outras. As interpretações relativas a este processo de alteração de rochas graníticas permitem considerá-lo como hidrotermal e designá-lo por epissienitização.

As zonas alteradas ocorrem na dependência direta de fraturas que cortam os maciços graníticos, as quais terão proporcionado um aumento da permeabilidade da rocha, facilitando a circulação dos fluidos hidrotermais que lhes deram origem.

Segundo Fernandes (2009), as alterações de origem hidrotermal (ou deutérica) permitem aos maciços proporcionar uma gama variada de produtos, mais motivada pelas colorações das massas rochosas do que, propriamente, pela coerência e compactação dos materiais.

Ainda de acordo com Aires-Barros (1991), a designação alteração deutérica ou primária refere transformações metassomáticas, de caráter pneumatolítico e/ou hidrotermal, originadas nos estádios tardios da consolidação magmática ou como sua consequência, em condições quase plutônicas, quando soluções aquosas silicatadas e fortemente enriquecidas em constituintes raros do magma penetram e interagem com as rochas adjacentes. Esta forma de alteração envolve a aquisição ou a troca de substâncias entre os minerais originais da rocha e as substâncias que se introduzem, através de reações químicas a “alta temperatura”. Os fenómenos de alteração abordados pelo autor são a albitização, silicificação e sericitização; podendo, ainda, ser incluídos na alteração deutérica a: propilitização, zeolitização, carbonatização, turmalinização, topatização, apatitização e fluoritização.

Leal Gomes (1995) verificou em alguns granitos fortemente tectonizados pequenas possanças de arenização. Explica-as como uma provável consequência da alteração hidrotermal, veiculada por tectonização precoce, que terá permitido a preservação do litótipo inicial em relação à alteração supergénica. São descritas como hidrotermalizações preservadoras do protólito: silicificação, moscovitização, greisenização e, em determinados casos, albitização.

Também relacionado com episódios tardios de circulação hidrotermal, encontra-se o fenómeno de triclinização, favoravelmente associado à cromatização enrubescente, descrito por Leal Gomes (1994) e Leal Gomes *et al.* (1997).

Fernandes e Leal Gomes (2008) estudaram os principais fenómenos de alteração hidrotermal geradores de cromatizações rubras (enrubescimentos) em algumas amostras granitoides de Calde e Gerês. Destaca-se o fenómeno de episienitização, caracterizado pela evolução paragenética de uma determinada rocha até um episienito, acompanhado de dessilicificação (perda de quartzo). Estes fenómenos são verificados em rochas intensamente enrubescidas, pelo que a cor adquirida é favorecida por intensa hematitização e epidotização de algumas fácies.

Para Fernandes e Leal Gomes (2008), a dessilicificação pode levar à ocorrência de verdadeiros episienitos (conteúdo modal de quartzo claramente abaixo de 10%). Nestas rochas incluem-se os litótipos mais enrubescidos (hematitização mais intensa) e, também, em alguns domínios brechóides o conteúdo de epidoto secundário torna-se extraordinariamente alto.

A estes granitos corresponde uma feldspatização potássica muito marcada, que no início poderá ainda ser o resultado da fraccionação alcalina em estado magmático mas que no fim resulta de interação hidrotermal, com soluções potássicas potencialmente capazes de lixivarem a sílica. Outras neoformações mineralógicas acompanham estes processos de alteração hidrotermal. Destacam-se como mais relevantes: hematitização, dessilicificação, epidotização, cloritização, microclinização e albitização e mais raramente apatitização e fluoritização.

O desenvolvimento deste processo de alteração implica a ocorrência de importantes transformações ao nível da mineralogia principal da rocha granítica encaixante, tendo como resultado a génese de associações minerais mais estáveis.

A transformação mineralógica mais frequente corresponde à dissolução do quartzo de origem magmática, o que leva à formação de cavidades na rocha granítica alterada, as quais podem, posteriormente, ser preenchidas com fases minerais mais tardias.

Segundo Leal Gomes (1994), as fácies intensamente enrubescidas apresentam os valores mais elevados de triclinicidade e ordenamento dos feldspatos potássicos, o que poderá indicar que o enrubescimento extremo é acompanhado de uma triclinização homogénea de feldspatos potássicas, que inicialmente poderiam ser monoclinicos.

Os altos valores de triclinicidade e ordenamento dos feldspatos marcam a reorganização final, em subsolidus, das fácies graníticas.

4. CONTEXTO HISTÓRICO E ECONÓMICO DA EXPLORAÇÃO MINEIRA EM CARRIS E LAS SOMBRAS

Tendo como objetivo a avaliação do impacto ambiental inerente aos espaços mineiros Carris e Las Sombras, em pleno Parque Transfronteiriço Internacional de Gerês/Xurés, torna-se importante proceder à identificação/caracterização das infraestruturas mineiras existentes nos referidos espaços. Para tal, a análise do acervo documental alusivo aos dois espaços mineiros é fulcral, não só para discriminar e avaliar o estado de conservação das infraestruturas mas também para averiguar a sua importância no contexto da extração mineira, atualmente suspensa. A análise da informação constante em Memórias descritivas, Relatórios de reconhecimento e respetiva informação, Plantas e Perfis das Pesquisas e, ainda, em Planos de lavra torna-se, então, primordial. O presente capítulo contempla a discriminação do património edificado e equipamentos do espaço mineiro Carris (4.1) e, ainda, algumas notas sobre o acervo documental atribuído aos Carris (4.1.1), bem como a dedução das práticas de exploração e beneficiação do minério neste sítio (4.1.2). Dada a dificuldade encontrada em aceder ao acervo documental atribuído a Las Sombras, uma vez que este se encontra em posse de entidades espanholas, proceder-se-á somente à discriminação do património edificado e equipamentos do espaço mineiro (4.2), com breves notas sobre a exploração mineira.

4.1. ESPAÇO MINEIRO CARRIS

4.1.1. Algumas notas sobre o acervo documental atribuído aos Carris

A partir da análise de diversos documentos, mais concretamente Dossier Mineiro dos Carris (1941-1984) e documentos constantes em <http://carris-geres.blogspot.com> (Rui Barbosa, 2007-2013), a história da exploração das Minas dos Carris encontra-se resumida no cronograma constante do quadro 4.I. As Minas dos Carris assistiram ao seu maior desenvolvimento com a constituição da Sociedade das Minas do Gerês, Ltda., em 1950. Inicialmente era constituída por capitais totalmente portugueses, gerida por três sócios a saber: José Rodrigues de Sousa, José Antunes Inácio e Francisco França e tinha como Diretor Técnico o Eng. Eurico Guilherme Lopes da Silva. No entanto, em 1953 a empresa britânica Mason & Barry constitui-se como uma das sócias da sociedade e em 1968 é declarada falida, sucedendo-se os pedidos de suspensão de lavra.

Quadro 4.1 – Cronograma de legalização da atividade extrativa nos Carris.

24.06.1941	Domingos da Silva leva a cabo o primeiro pedido de registo mineiro nos Carris - Salto do Lobo. O pedido deu entrada na Câmara Municipal de Montalegre e tinha como objetivo solicitar os direitos de concessão para a exploração de minério. Mais tarde, José Maria Gonçalves de Freitas faz solicitação semelhante.
19.07.1941	Aníbal Pereira da Silva apresenta o manifesto de descoberta de volfrâmio e outros minerais na Corga das Negras, próximo da concessão do Salto do Lobo. Pelo que é passada a respetiva certidão de registo.
12.09.1941	Pedido de alvará de concessão mineira em Salto do Lobo, para o triénio 1940 /1942, ao Ministério da Economia. Na mesma data, Domingos da Silva transfere todos os direitos de concessão à Sociedade Domingos da Silva Ltda.. No entanto, continuaram os litígios entre Domingos da Silva e outros intervenientes (como exemplo, José Maria Gonçalves de Freitas) face ao direito de concessão mineira de “Salto do Lobo”.
23.02.1943	Decorre, na cidade do Porto, uma reunião na qual os detentores do registo mineiro 318 - José Maria de Freitas, António Barroso, Domingos Lopes, Domingos Gonçalves Pereira e Adriano Ferreira Fontes - cedem todos os seus direitos a António Augusto Gomes.
25.02.1943	António Augusto Gomes cede os direitos de concessão a Hans Carl Walter Thobe, sócio-gerente da Sociedade Mineira dos Castelos. O mesmo se verifica relativamente à sociedade Domingos da Silva Ltda..
25.03.1943	Relatório de reconhecimento e demarcação de Salto do Lobo.
19.04.1943	É cedida a concessão provisória à Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda..
05.07.1943	A Sociedade Mineira dos Castelos, requer o alvará de concessão Corga das Negras I e, na mesma data, propõe Francisco Silva Pinto como Diretor Técnico da exploração mineira.
22.05.1944	Após a descoberta de molibdenite, a Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda. solicita o reconhecimento da existência desta substância na Corga das Negras I e em Salto do Lobo.
02.01.1946	É proposto que Pedro Simões substitua Francisco Silva Pinto e ocupe o cargo de Diretor Técnico.
18.02.1946	O Ministro da Economia nomeia uma Comissão Administrativa para a Sociedade Mineira dos Castelos.
02.04.1946	Augusto Barata da Rocha é indicado para Diretor Técnico, por uma Comissão Administrativa que havia sido nomeada pelo Ministério das Finanças, substituindo Pedro Simões.
10.11.1946	Decorrem os trabalhos de demarcação da concessão mineira da Corga das Negras I, cujo relatório de reconhecimento seria apresentado a 11 de novembro.
30.01.1947	É emitido um despacho ministerial favorável à demarcação definitiva da concessão mineira do Salto do Lobo que havia sido solicitada por Domingos da Silva, primeiro requerente da concessão. O auto de demarcação seria lavrado no mesmo dia.
09.05.1947	A partir dos Éditos de Concessão publicados na edição do jornal “O Século” verifica-se que a Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda. requereu as concessões das minas de volfrâmio denominadas “Lamalonga n.º 1”, “Lamalonga n.º 2” e “Lamalonga n.º 3, todas registadas a 30 de julho de 1941.
09.01.1948	É processado o alvará de demarcação provisória da Corga das Negras I.
11.02.1948	É solicitada a concessão definitiva da Corga das Negras I por uma Comissão Liquidatária da Sociedade Mineira dos Castelos nomeada pelo Ministério da Economia.
27.02.1948	A Sociedade Mineira dos Castelos recebe o alvará da Corga das Negras I.
08.07.1950	É constituída a Sociedade das Minas do Gerês, Ltda..
25.07.1950	Transição da concessão das Minas dos Carris para a Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. (a pedido de uma Comissão Liquidatária da Sociedade de Minas dos Castelos, Ltda.).
22.11.1951	Relatório de Reconhecimento da Lamalonga n.º1.
01.03.1953	A empresa mineira britânica Mason & Barry passa a fazer parte da Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. através de uma sessão de quotas.
17.10.1953	Envio do requerimento para prosseguimento do licenciamento de edifícios.
29.01.1958	Após ter sido apresentado pela Sociedade das Minas dos Gerês, Ltda., o Eng. de Minas Luís Aníbal Teixeira de Sá Fernandes obtém um parecer favorável para a sua nomeação como Diretor Técnico da mina da Corga das Negras n.º 1 e dias mais tarde das restantes concessões.
21.12.1965	Luís Aníbal Teixeira Sá Fernandes comunica, por escrito, a desistência do cargo de Diretor Técnico devido à falta de pagamento do seu salário desde junho de 1963.
29.12.1965	A Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. prepara a nomeação de um novo Diretor Técnico para as suas concessões mineiras. Consequentemente é aprovado o novo Diretor Técnico, Eng. Virgílio de Brito Murta.
22-04-1968	A empresa mineira Mason & Barry é declarada falida pela Câmara de Falências de Lisboa.
09.12.1968	Inicia-se o processo de penhora da Sociedade das Minas do Gerês, Ltda..
03.12.1970	Aprovada a nomeação de um novo Diretor Técnico, Eng. Rodrigo Viana Correia.
25.03.1975	A partir desta data apresentaram-se sucessivos pedidos de suspensão de lavra para as várias concessões mineiras, embora a extinção das mesmas só tivesse decorrido em 1992.
26.06.1980	É aprovada a nomeação do Eng. Adriano Fernando Barros como Diretor Técnico das minas do Salto do Lobo, Corga das Negras n.º 1, Castanheiro e Lamalonga n.º 1.
07.10.1992	Texto do despacho ministerial de extinção das concessões mineiras em Carris.
03.11.1992	Envio do despacho de extinção para a Sociedade das Minas do Gerês, Ltda..

Resumidamente, e de acordo com os dados recolhidos, a história da exploração das Minas dos Carris reporta-se a quatro fases distintas.

1ª fase - não tendo em consideração as explorações artesanais que poderiam ter ocorrido antes do estabelecimento da primeira concessão legal, a primeira fase teria início já durante a Segunda Guerra Mundial e a exploração basear-se-ia nos simples trabalhos executados entre 1941 e 1943 onde a exploração seria realizada em aluvião e muito rudimentar.

2ª fase - decorreria entre 1943 e 1945/1946 e teria sido levada a cabo por uma empresa portuguesa denominada Sociedade das Minas dos Castelos, Ltda., a qual extraía volfrâmio para apoiar na máquina de guerra nazi através já do alargamento da exploração e da sua iniciação em profundidade. Após o final dos trabalhos de exploração finda a Segunda Guerra Mundial, tal sociedade passa a ser dirigida por uma comissão liquidatária nomeada pelo estado português, até que em princípios dos anos 50 as concessões são compradas pela Sociedade das Minas do Gerês, Ltda..

3ª fase - a Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. dota o complexo mineiro de estruturas mais modernas e avançadas por forma a rentabilizar a extração mineira. Os trabalhos teriam sido levados a cabo até 1957/1958, altura em que a mina é «abandonada» até ao princípio dos anos 70.

4ª fase - no início dos anos 70 decorreria a última fase de exploração mineira que se prolongaria até 1974/1975. Uma última tentativa de reativar as Minas dos Carris nos princípios dos anos 80 não teria sucesso, em grande parte, devido à implementação do Parque Nacional da Peneda-Gerês, fundado a 8 de maio de 1971 pelo Decreto-Lei n.º 187/71.

Com base nos dados constantes no Laboratório de Geologia e Minas (LGM, 2013) conclui-se que as Minas dos Carris ou Complexo Mineiro dos Carris tiveram na sua constituição três concessões mineiras:

- Concessão n.º 2234, Salto do Lobo;
- Concessão n.º 2806, Corga das Negras n.º 1;
- Concessão n.º 3120, Lamalonga n.º 1, também denominada Lamalonga (Corga da Lamalonga).

As características inerentes às 3 concessões constam do quadro 4.II e são descritas, em particular, de seguida.

Quadro 4.II – Dados relativos às três concessões mineiras atribuídas para exploração das Minas de Carris (fonte LGM, 2013).

Nº	Nome da concessão	Subst.	Freguesia	Concelho	Distrito	C50.000	C25.000	Data início	Data fim	Observações
2234	Salto do Lobo	W,Mo	Cabril	Montalegre	Vila Real	6A	31	15/03/1947	30/11/1992	Revogada
2806	Corgas das Negras n.º1	Sn,Mo, W	Cabril	Montalegre	Vila Real	6A	31	20/12/1952	30/10/1992	Revogada
3120	Lamalonga n.º1	W	Cabril	Montalegre	Vila Real	6A	31	24/07/1956	30/10/1992	Revogada

I. Concessão n.º 2234 - Salto do Lobo

A exploração no espaço mineiro Carris teve início no interior de Salto do Lobo e foi aqui que se concentrou a maior parte dos esforços dos mineiros com vista à exploração de volfrâmio.

Posteriormente, os trabalhos alargaram-se a outros locais até se constituir o complexo mineiro, atualmente em ruínas.

O Relatório de Reconhecimento da mina de volfrâmio denominada “Salto do Lobo” foi apresentado a 25 de março de 1943. Deste depreende-se que:

- *As condições de acesso eram difícilíssimas e o minério era transportado por carros de bois até à povoação Covelães. O objetivo seria somente explorar os aluviões, sendo de esperar que a mineralização fosse entre 4 a 6 kgs por tonelada. O “bed-rock” encontrava-se a pequenas profundidades nunca superiores a 1 metro.*

Mediante a análise do Relatório dos trabalhos em 1943 depreende-se que no respeitante a:

- *trabalhos interiores - foram abertas 4 galerias que delimitaram diferentes pisos e um poço que permitiu reconhecer o jazigo em profundidade. Juntamente foi aberta uma “travessa” de 27 m para cortar o filão à profundidade de 20 metros, sendo esse designado “Filão Principal” e correspondente ao “Filão Salto do Lobo”. Dá-se também a conhecer a descoberta de um segundo filão, “Filão Paulino”, paralelo ao “Filão Principal” e de comprimento 18m;*
- *aluviões - o aluvião “LAMA PEQUENA” foi explorado por apanhistas.*

No respeitante ao Relatório dos trabalhos realizados em 1956 citam-se os seguintes aspetos:

- *“Os resultados da exploração durante o ano de 1956 traduziram-se na produção de 121,296 ton. de volframite, 10,945 ton. de mistos com molibdénio, 109,700 ton. de resíduos com volframite e 12,625 ton. de lamas com volframite. A mina vai a crescer em profundidade; o 7.º piso está já a 150 m, abaixo da superfície. No 2.º piso e a poente do filão iniciou-se a perfuração de um poço que já atingiu o 6.º piso. Neste poço vai instalar-se um elevador. No que concerne aos trabalhos executados em 1956 pode dizer-se que estatisticamente: Tonelada extraída/homem..... 1,12”.*

A figura 4.1 consta de um conjunto de imagens relativas a plantas de trabalhos de aluvião e de filão, levados a cabo na concessão mineira Salto do Lobo.

Uma observação mais atenta da figura 4.2, na qual constam três cortes longitudinais da Concessão n.º 2234 Salto do Lobo, permite identificar os pisos atingidos, devido aos trabalhos realizados, em 1953, 1956 e 1957.

Em suma, o jazigo subterrâneo a explorar recaía na parte aluvionar, ao longo da linha de água principal que atravessava a área abrangida pelo registo, até uma profundidade de um metro. Refere-se nos planos de lavra que o campo filoniano que originou os aluviões mineralizados pela volframite era constituído pelos filões “Paulino” e “Salto do Lobo”. Tornou-se reconhecida a existência de molibdénio e a mina passa a produzir concentrados múltiplos de W, Sn e Mo.

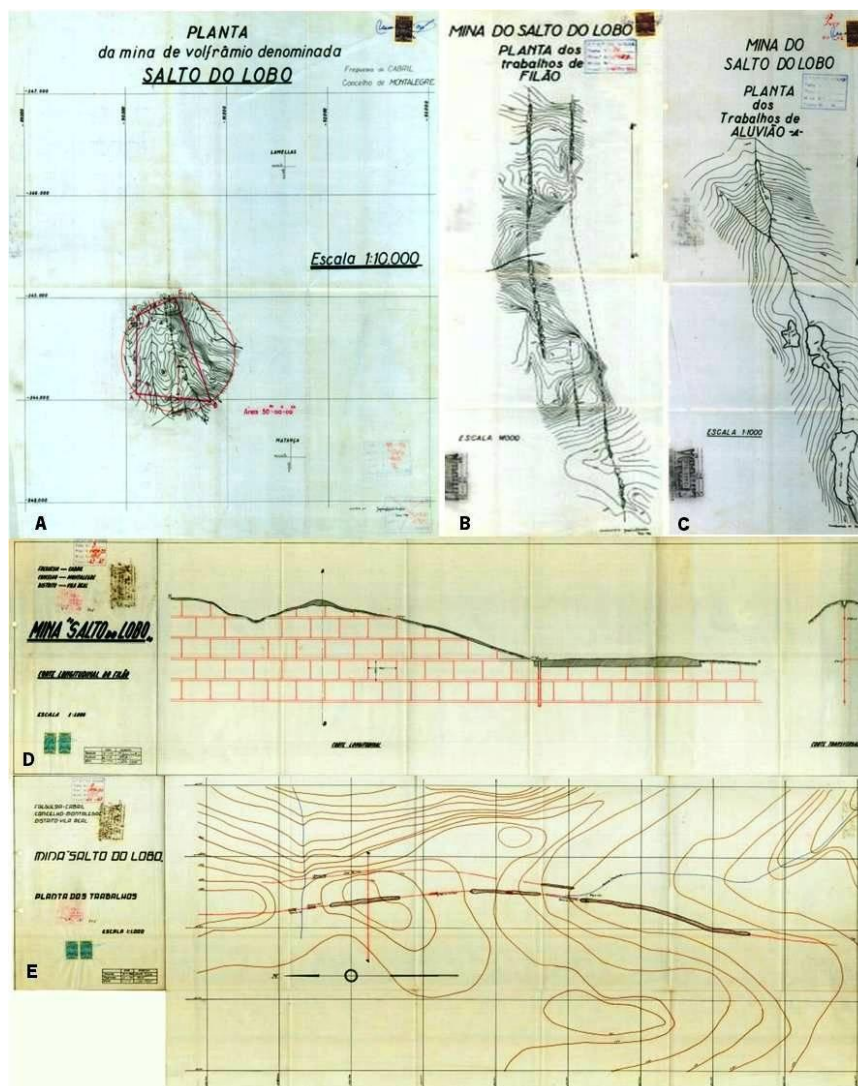


Figura 4.1 – **A** - Planta da mina de volfrâmio Salto do Lobo (Esc. 1:10 000), **B** – Planta dos trabalhos de filão (Esc. 1:1000), **C** – Planta dos trabalhos de aluvião (Esc. 1:1000), **D** – Corte longitudinal do filão (Esc. 1:1000), **E** – Planta dos trabalhos da mina Salto do Lobo (Esc. 1:1000) (fonte LGM, 2013).

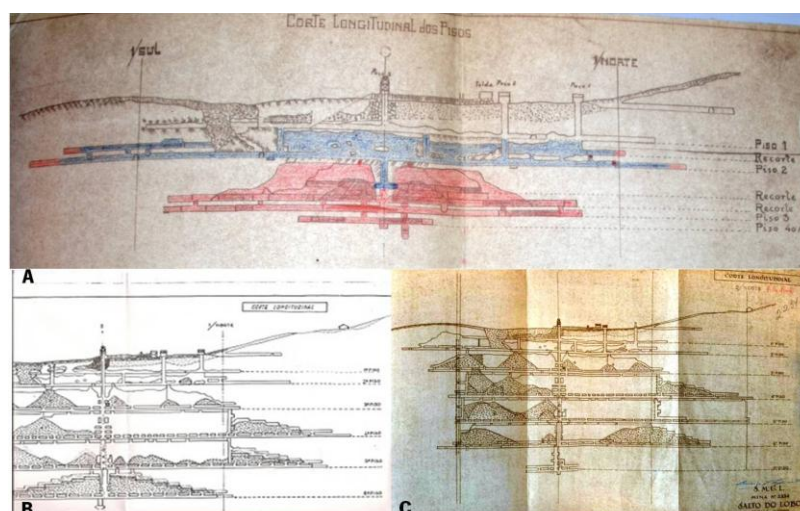


Figura 4.2 – Três cortes longitudinais da Concessão Salto do Lobo, Minas dos Carris. **A** – Planta dos trabalhos realizados em 1953, até ao 4º piso. **B** - Planta dos trabalhos realizados em 1956, até ao 6º piso, **C** - Planta dos trabalhos realizados em 1957, até ao 7º piso (fonte Rui Barbosa, 2013, <http://carris-geres.blogspot.com>).

II. Concessão n.º 2806, Corga das Negras n.º 1

Com o decorrer das sondagens levadas a cabo na área dos Carris, tornou-se evidente que o filão rico em volframite evoluía em profundidade terminando no designado “Filão Paulino”, explorado na Garganta das Negras.

A 11 de novembro de 1946 é apresentado, por parte da CMN, um Relatório de Reconhecimento da Mina de volfrâmio denominada “Corgas das Negras”, a partir do qual é citado o seguinte excerto:

- *“O jazigo é constituído por uma área aluvionar, localizada nas linhas de água coberta por uma pequena camada de terra vegetal de 0,50 m de espessura. A camada aluvionar está regularmente mineralizada pela volframite e tem cerca de 0,90 m de possança.*

Consequentemente, o alvará de concessão provisória n.º 4074 permitiu à Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda. iniciar a exploração mineira na Corga das Negras n.º 1 (com área de 49 hectares, 86 ares e 05 centiares).

III. Concessão n.º 3120, Lamalonga n.º 1 (Corga da Lamalonga) ou Lamalonga

As concessões mineiras relativas a Salto do Lobo e a Corga das Negras apresentam trabalhos de exploração mineira, quer no subsolo quer à superfície, bem demarcados. No entanto, tal facto não se verifica na concessão Lamalonga n.º1 (ou Corga da Lamalonga), possivelmente por que a exploração se centrou numa fase mais posterior nos aluviões existentes naquela corga, sendo que a extração do volfrâmio foi sempre um trabalho a céu aberto. Da figura 4.3 consta o enquadramento geográfico de Lamalonga, Salto do Lobo e Corga das Negras.

A caracterização geral correspondente à Concessão Mineira Lamalonga n.º 1 passa pelo contante na Memória Descritiva e Justificativa, bem como, no Plano de Lavra para a mina de volframite da Lamalonga n.º 1, datada de 26 de julho de 1943 e apresentada pela Sociedade Mineira dos Castelos Ltda.. Pelo que se destaca o seguinte excerto:

- *“O jazigo é constituído por depósitos aluvionários constituídos por volframite, aparecendo também outros minerais associados. Os depósitos superficiais têm uma espessura de uns 0,20 metros, seguindo-se inferiormente uma zona com, aproximadamente, 0,60 metros de estéril. Junto da rocha-leito encontram-se os aluviões mais ricos, com uma altura de 0,30 metros seguindo-se-lhe superiormente uma zona muito pouco mineralizada com uns 0,40 metros de espessura. O aluvião abrange uma área de 700 x 150 o que com a profundidade média de 1,5 metros dá um volume de 157.000 m³ de material a tratar com o teor médio de 2%.”*

Atendendo aos elementos para a contribuição industrial registados nos anos de 1972, 1973 e 1979 (Quadro 4.III), para a concessão mineira 2234 Salto do Lobo, verifica-se uma considerável quantidade de volframite vendida ou exportada comparativamente com os outros minérios explorados (molibdenite, cassiterite ou mesmo scheelite). Essa quantidade foi reduzida em 1979,

pelo que coincide com pedidos de suspensão de lavra nas Minas dos Carris, contrariamente o valor no mercado por tonelada apresenta-se bastante elevado.

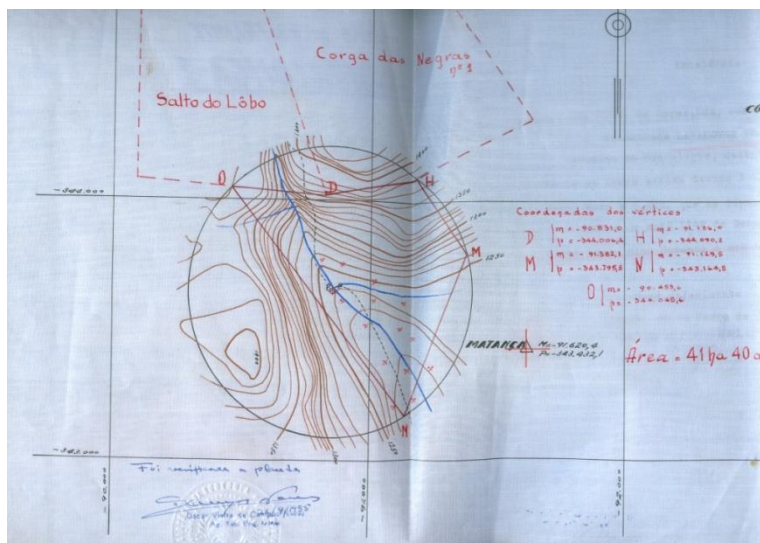


Figura 4.3 – Planta relativa ao enquadramento geográfico de Lamalonga, Salto do Lobo e Corga das Negras (fonte Rui Barbosa, 2013, <http://carris-geres.blogspot.com>).

Quadro 4.III – Resumo das extrações mineiras nas Minas dos Carris, Salto do Lobo, relativas a 1972, 1973 e 1979 (fonte LGM, 2013).

Minério	Volframite			Scheelite			Molibdenite			Cassiterite		
	1972	1973	1979	1972	1973	1979	1972	1973	1979	1972	1973	1979
Teor (%)	73,13 WO ₃	72,00 WO ₃	75,18 WO ₃	66,01 WO ₃	69,14 WO ₃	72,00 WO ₃	48,14 Mo	—	—	65,00 Sn	—	62,00 Sn
Quantidade (t)	37,606	20,500	5,525	10,021	5,003	0,582	4,996	—	—	1,493	—	0,197
Valor no mercado/tonelada	72 165\$30	68 461\$00	434 883\$80	57 129\$00	75 670\$00	430 000\$00	32 400\$00	—	—	56 100\$00	—	400 000\$00

IV. Historial da decadência das Minas dos Carris

A análise documental permite inferir que o apogeu das Minas dos Carris se atinge nos primeiros anos da década de 50 (em parte devido ao fim da Guerra da Coreia, em 1953).

A 23 de julho de 1957, a Sociedade das Minas do Gerês Ltda. solicita autorização para suspender a lavra na concessão mineira Salto do Lobo no decurso desse ano e até que as condições do mercado se modifiquem, justificando o pedido através das baixas cotações do mercado e do desinteresse dos compradores. Também em 1958, a lavra das Minas dos Carris tinha sido interrompida, sendo retomada em 1970. Durante 12 anos as minas foram-se naturalmente degradando, sendo os motores recuperados mais tarde.

Embora tivesse ocorrido paralisação dos trabalhos desde 1957 a 1971, e neste ano um recomeço bastante produtivo, foi a partir de 1981 que o pedido de suspensão da lavra foi levado a cabo baseando-se, invariavelmente, na descida acentuada das cotações mundiais do volfrâmio. No entanto, a explicação para reduzida parte dessas oscilações poder-se-á prender com: a crise dos combustíveis (impedindo a expansão do volfrâmio), o fim da Guerra da Coreia (pois o volfrâmio era essencial nos processos de reforço do aço, nomeadamente, nas blindagens, componentes de tanques, aviões, motores), o Programa de compras dos EUA para constituir um “stock” estratégico (reserva estratégica para o caso de uma conflagração mundial, mas que deixou de fazer sentido, passando os EUA a diminuir fortemente esse “stock” com as suas vendas) e com as vendas efetuadas pela China (dado que em 1968 possuía cerca de 66,7% das reservas mundiais), sem descurar um controlo imposto pelo governo nacional e uma nova consciência ambiental em Portugal, na qual o PNPG (fundado a 8 de maio de 1971 pelo Decreto de Lei n.º 187/71) pedia o encerramento definitivo da mina.

Em 1986 tiveram lugar as "1ªs Jornadas de Geologia Regional" das quais, segundo os técnicos do PNPG, partiu uma conclusão importante: “a exploração de minas de volfrâmio concedidas na área do PNPG não deveria ser prosseguida, mesmo que ultrapassando o período de crise. Recomendando-se a compra pelo Estado dessas concessões para evitar degradações futuras.”.

A 7 de outubro de 1992, e por despacho de Alcides Rodrigues Pereira, da Direção-Geral de Geologia e Minas, eram extintas as concessões mineiras de Salto do Lobo, Corga das Negras n.º 1, Castanheiro e Lamalonga n.º 1.

4.1.2. Património edificado e equipamentos dos Carris

A identificação/caracterização e, ainda, a cartografia das infraestruturas mineiras inerentes ao espaço mineiro Carris far-se-á de acordo com o esquema organizacional da figura 4.4.

Dos testemunhos materiais associados ao antigo espaço mineiro, destacam-se: os edifícios de processamento mineiro, bem como respetivos anexos (locais onde se guardavam os equipamentos necessários à lavra), os edifícios que albergavam os trabalhadores e, ainda, os locais de armazenamento de água.

Testemunhos como poços, galerias e escombreyras serão caracterizados no capítulo 5.

Relativamente à implementação dos edifícios em Carris, evidencia-se que após a obtenção dos alvarás de exploração das diferentes concessões mineiras (década de 40) o espaço mineiro, que até ao momento trabalhava de forma rudimentar, foi dotado de instalações que permitiam efetuar o

processamento do minério extraído. Neste seguimento foi construída uma estrada entre a Portela de Leonte e os Carris.

No decurso da atividade da Sociedade das Minas do Gerês, Ltda. (década de 50, \cong 1950), o complexo tornou-se mais organizado e tecnologicamente avançado.

A descrição dos edifícios passa por um agrupamento funcional, e classificação do estado de conservação, em cinco núcleos patrimoniais típicos do espaço mineiro, os quais contemplam os testemunhos imóveis mais significativos da arquitetura mineira e manifestam, ao nível da gestão do espaço, a adoção de soluções particulares, devidamente adaptadas à topografia e à disposição espacial das reservas minerais em profundidade ou mesmo à superfície (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

A localização de todos os vestígios imóveis e a sua organização em núcleos funcionais apresenta-se na figura 4.5. Esta aproximação continua as linhas orientadoras propostas em Lima (2006a) e avança um quadro figurativo de qualificação do estado de conservação de cada edificação que se baseia nos critérios geométricos e imageológicos patentes na Figura 4.6 (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

A aferição do inventário de edificações foi confrontada com peças desenhadas dos processos constantes de arquivos da Circunscrição Mineira do Norte.

A consulta do Arquivo da CMN envolveu o acesso a acervo documental da mina de volfrâmio e molibdénio Salto do Lobo, da mina de estanho, molibdénio e volfrâmio designada por Corga das Negras n.º 1 e da mina de volfrâmio Lamalonga n.º 1.

A caracterização das infraestruturas é apresentada através de um texto descritivo inerente aos diferentes núcleos, com respetiva ilustração das infraestruturas em estudo e avaliação do seu estado de conservação.

Quanto à discriminação dos equipamentos, recorre-se a uma graduação do seu estado de conservação e funcionalidade (Quadro 4.IV) após análise descritiva (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

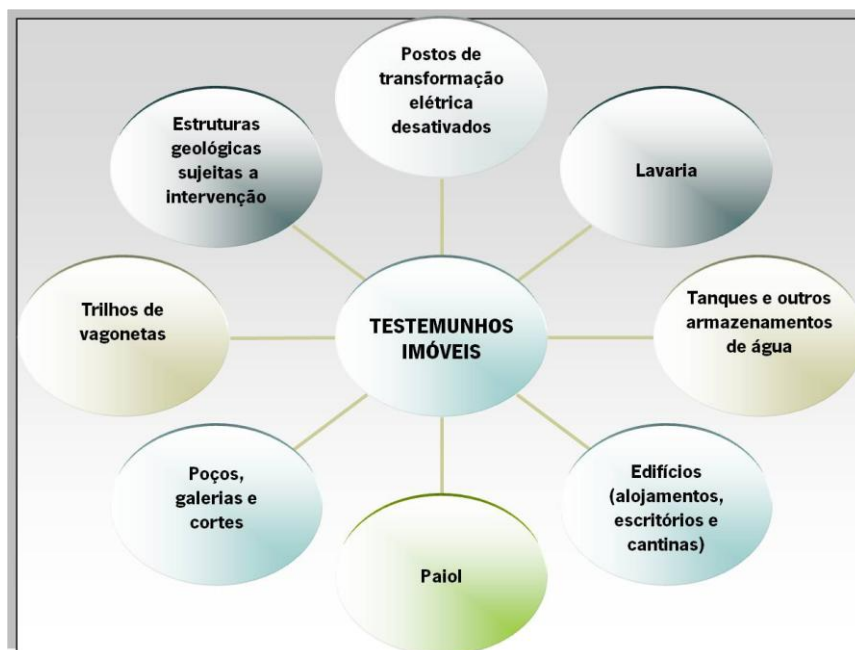


Figura 4.4 – Esquema organizacional de identificação/caracterização de infraestruturas mineiras - testemunhos imóveis nos espaços mineiros Carris e Las Sombras.

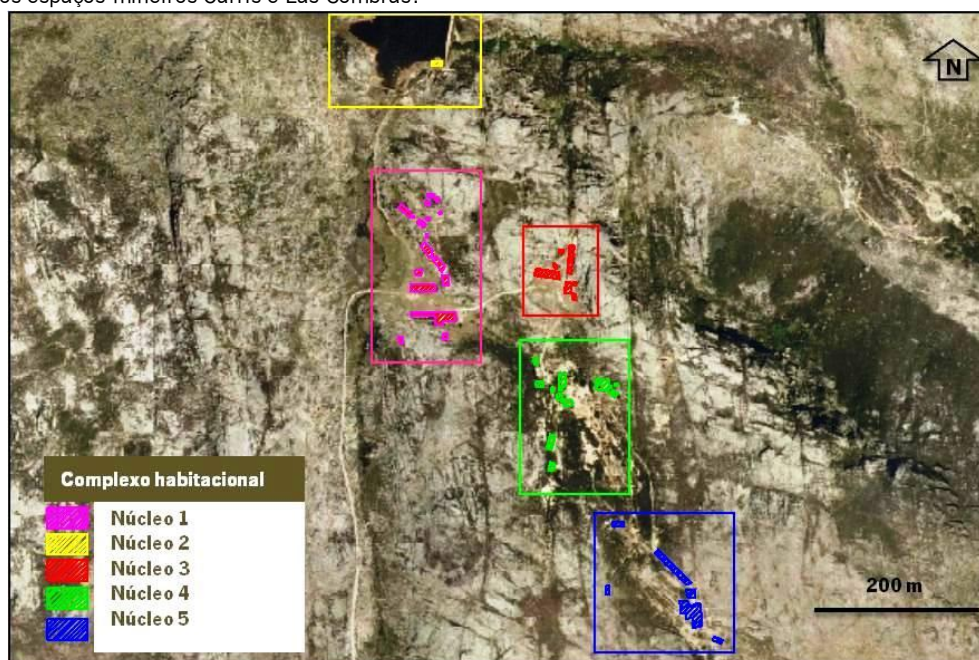


Figura 4.5 – Infraestruturas mineiras do espaço mineiro Carris, representadas em cinco núcleos. Escala 1:8 000 (PNPG, 2011).

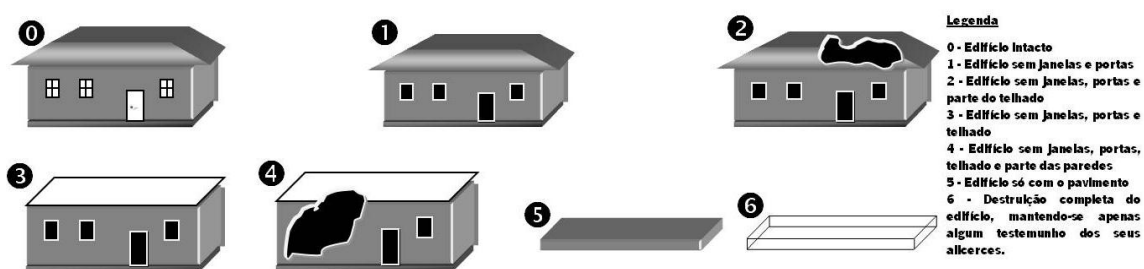


Figura 4.6 – Quadro de qualificação do património edificado no espaço mineiro abandonado dos Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.IV – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos, no espaço mineiro abandonado Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Estado do equipamento
0 - Ligado às redes mas não funcional
1 - Desligado das redes
2 - Em ruína
3 - Levantamento de órgãos móveis dos equipamentos
4 - Levantamento de alguns órgãos imóveis dos equipamentos
5 - Deterioração dos suportes dos equipamentos que, no entanto, se mantêm <i>in situ</i>
6 - Persistência <i>in situ</i> de alguns equipamentos desligados
7 - Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns imóveis

Núcleo 0

No percurso de acesso aos Carris, a partir da Portela do Homem, as primeiras edificações com utilidade mineira surgem junto da Ponte das Abrótegas, ao lado da estrada que faz a ligação entre a Portela de Leonte e as Minas dos Carris (Figura 4.7). São pequenos pilares, rudimentares, construídos em pedra e cimento, que serviam de sustentação para condutas de água, por forma a efetuar o abastecimento do espaço mineiro.

Tomando como designação “colunas de apoio ao transporte de água”, estas são visíveis em outros locais de Carris e teriam o mesmo propósito, isto é, serviam de suporte a condutas metálicas de água que vinham desde a pequena represa junto à Ponte das Abrótegas e terminavam na lavaria localizada no topo da Corga da Lamalonga, próxima do filão “Salto do Lobo”.



Figura 4.7 – **A** - Ponte das Abrótegas com colunas de apoio ao transporte de água. **B** – Estrada que faz a ligação entre a Portela de Leonte e as Minas dos Carris, com pormenor de uma “coluna”.

Núcleo 1

Com o término da estrada de acesso à “entrada” nas Minas dos Carris surge um muro que demarca o início do espaço mineiro (Figura 4.8).



Figura 4.8 – **A** - Muro que demarca o espaço mineiro Carris; **B** – Estrada de acesso ao espaço mineiro Carris.

A fronteira da área edificada principal dos Carris é então delimitada pelo referido muro. A partir deste surgem diversos edifícios que constituem o que foi designado como Núcleo 1 – com funcionalidade afim e localização vizinha (Figura 4.9).



Figura 4.9 - Infraestruturas mineiras do Núcleo 1, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

No contexto deste plano de urbanização mineira destacam-se quatro casas bifamiliares (Figura 4.9, nº4), as quais possuíam duas divisões que seriam ocupadas por pessoal superior. A cota inferior encontra-se um edifício tipo camarata – dormitório do pessoal operário (Figura 4.9, nº1) (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

De notar que as quatro casas não surgem no plano original de construção de edifícios nas Minas dos Carris (apresentado pela Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda.), tendo sido construídas posteriormente (Figura 4.10, A). O plano original apontava para um edifício no qual estariam incluídos o dormitório e refeitórios (Figura 4.10, A). Provavelmente este plano inicial terá sido alterado construindo-se, separadamente, um refeitório/cantina e, um pouco mais afastado, um dormitório para habitação (bloco de casas para casais, segundo designação na planta) (Figuras 4.9 nº7 e nº2, respetivamente, em pormenor na Figura 4.11).

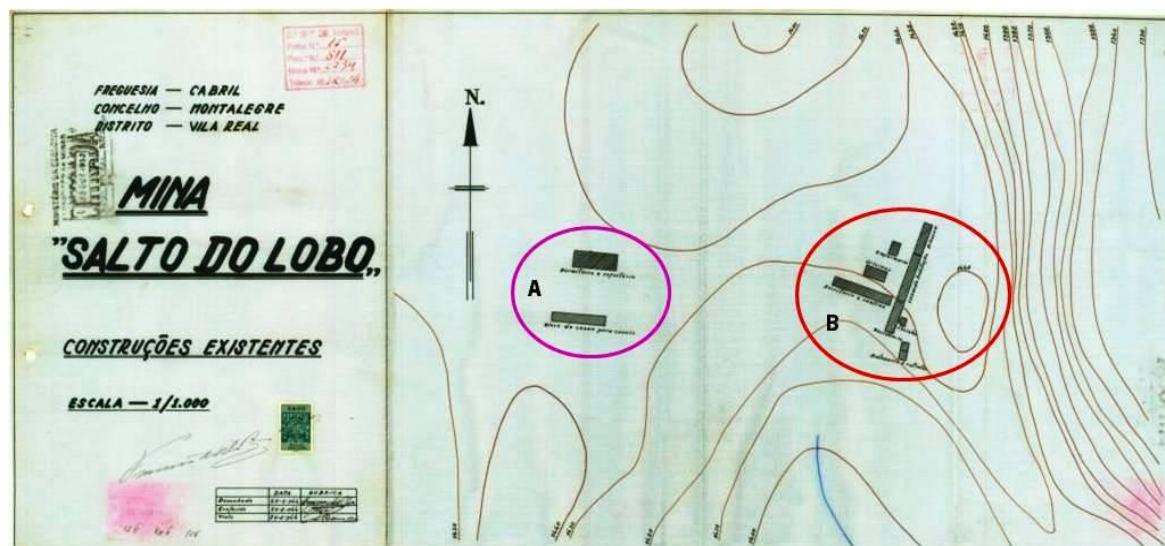


Figura 4.10 – Planta geral com a localização das construções existentes, relativas à concessão mineira “Salto do Lobo”, escala 1/ 1000 (desenhado, visto e conferido a 20-02-1944). **A** – Infraestruturas mineiras do Núcleo 1, Carris; **B** – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, Carris (fonte LGM, 2013).



Figura 4.11 – **A** - Refeitório/cantina; **B** – Dormitório para casais.

Em frente ao refeitório/cantina (Figuras 4.9 nº7) foi inicialmente construído um bloco de casas para casais, designado por dormitório para casais. Um pouco distante apresenta-se a casa do guarda, o qual desempenharia funções a nível da segurança no espaço mineiro (Figura 4.9 nº 3). Junto do refeitório, isto é, localizada entre a cantina e as camaratas - existe uma infraestrutura (Figura 4.12) completamente destruída (o que resta dela é a sua base de alvenaria) que provavelmente seria uma caserna, pelo que se pensa tratar-se de uma construção pré-fabricada (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).





Figura 4.12 – Ilustração relativa a uma provável caserna localizada próxima do refeitório (Figura 4.11 B).

Existem, ainda, dois pequenos edifícios que possivelmente funcionariam como oficinas (Figura 4.9, nº5) e um outro que poderia ter sido um pequeno armazém (Figura 4.9, nº 6).


A avaliação do estado de degradação dos edifícios e consequente segurança de cada infraestrutura mineira pertencente ao Núcleo 1 consta do quadro 4.V.

No que respeita à persistência de equipamentos, bem como ao estado de conservação e funcionalidade, salienta-se que os edifícios do Núcleo 1 encontram-se, na sua maioria, desprovidos de equipamentos, pelo que seguindo o quadro de avaliação disposto no quadro 4.IV há “Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns imóveis – nº 7”. Contudo há vestígios materiais reportados ao refeitório/cantina cuja avaliação se encontra no quadro 4.VI (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.V – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 1 (extraído de Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Edifícios	Estado de degradação
3 – Casa do Guarda 5 – Oficinas (provavelmente) 6 – Pequeno armazém (provavelmente)	3 
1 – Camaratas para o pessoal das minas (guardas e serviços) 2 – Dormitório para casais/casas de habitação 4 – Bloco de Quatro Casas (casas bifamiliares) 7 – Refeitório/cantina	4 

Quadro 4.VI – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 1 (extraído de (extraído de Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Estado dos equipamentos	Ilustração
2 - Em ruína 3 - Levantamento de órgãos móveis dos equipamentos 4 - Levantamento de alguns órgãos imóveis dos equipamentos	 

Núcleo 2

Para Norte do Núcleo 1 situa-se a represa das Minas dos Carris (Figura 4.13, nº 2), a qual teria sido construída em 1956 com o objetivo de proporcionar a água necessária para a lavagem do minério na lavaria. Como vestígios desta funcionalidade é possível distinguir, em alguns locais, os suportes das condutas que ligavam os dois pontos. Junto da represa, também chamada “Lagoa de Carris”, encontra-se um edifício (Figura 4.13, nº 1), o único edifício integrado no Núcleo 2 (edifício de apoio) que, presumivelmente, teria como função albergar as motobombas necessárias ao bombeamento de água para as instalações mineiras (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).




Figura 4.13 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 2, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).


A avaliação do estado de degradação dos edifícios e consequente segurança de cada infraestrutura mineira pertencente ao Núcleo 2 consta no quadro 4.VII.

Relativamente aos equipamentos, verifica-se que o único edifício pertencente ao Núcleo 2 se encontra desprovido de quaisquer equipamentos. No entanto, permanece um objeto que pode ter provindo de outro edifício (Quadro 4.VIII) (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.VII – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 2 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Edifício	Estado de preservação
1 – Edifício de apoio (casa de motobombas).	3 

Quadro 4.VIII – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 2 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Estado do equipamento	Ilustração
7 - Obliteração e destruição tanto de equipamentos móveis como de alguns imóveis.	

Núcleo 3

As infraestruturas que compõem este núcleo situam-se a E do Núcleo 1, no sopé do “Penedo da Saudade” (Figura 4.14) e incluem o edifício Secretaria (escritório)/receção/depósito de minério/cantina (Figura 4.14, nº1). A infraestrutura nº1 (Figura 4.14) consta de um edifício administrativo e social que englobava a arrecadação, os gabinetes técnico e de administração, dois escritórios, o local de depósito de minério, propriamente dito, a cantina e o respetivo escritório. Mais acima localizavam-se pequenas oficinas e/ou armazém e, ainda, uma enfermaria (Figura 4.14 nº9, 10 e 11, respetivamente) (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

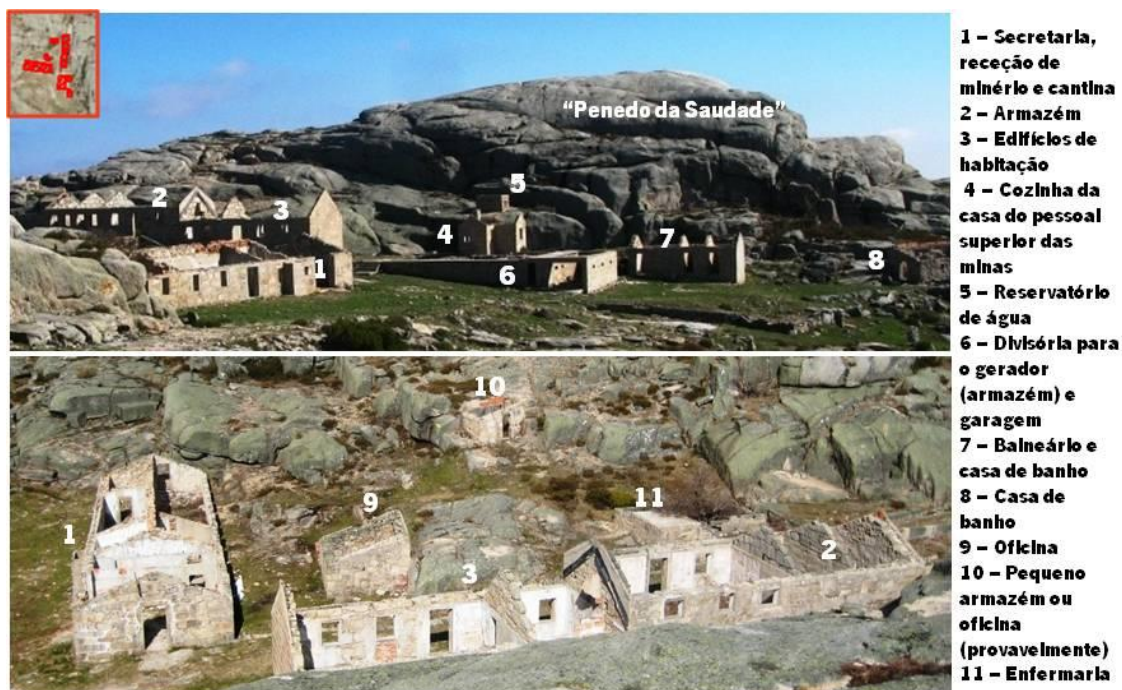


Figura 4.14 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

As infraestruturas descritas fazem parte do plano inicial das construções (Figura 4.10 B) a serem erguidas na concessão “Salto do Labo” das Minas dos Carris. O projeto para estas casas foi entregue pela Sociedade Mineira dos Castelos, Ltda., a 2 de março de 1944, e terão sido as primeiras grandes construções levadas a cabo nos Carris (Figura 4.15).

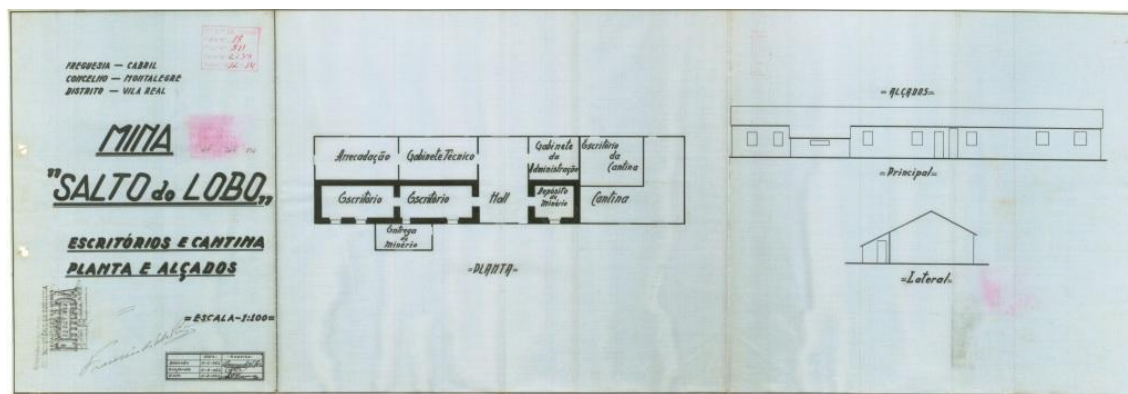


Figura 4.15 – Planta relativa ao edifício Secretaria/recepção de minério/cantina (Figura 4.14 n°1) (fonte LNEG, 2013).

O antigo edifício que albergava os escritórios, o espaço de recepção de minério e uma pequena cantina foi dos primeiros a ser construídos em Carris pela Sociedade das Minas do Gerês, Ltda.

A enfermaria (Figura 4.14, n°11) era um edifício de paredes de madeira revestidas exteriormente a lusalite. Era composta por um *hall* de entrada, um pequeno quarto e um quarto maior para serviços de enfermagem (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Junto do “Penedo da Saudade” situavam-se a casa de habitação para o pessoal superior da mina (da qual hoje só existe o soco de alvenaria e parte do chão em betão) e, na vizinhança, um armazém e outros edifícios de habitação com uma cozinha exterior (Figura 4.14 nº 2, 3 e 4, respetivamente). A casa de habitação era constituída por dois corpos distintos, um destinado somente à cozinha e despensa e outro utilizado, de facto, para habitação. A cozinha servia também uma casa pré-fabricada que existia ao seu lado, na qual morou, no fim dos anos 50 (sec. XX), um dos responsáveis da mina, de nacionalidade luxemburguesa. Tal casa assentava numa base vasta de pedra e cimento na qual ainda se pode observar uma pequena divisória que albergaria um pequeno gerador e uma outra divisória que servia de garagem (Figura 4.14, nº6). Na figura 4.16 pode visualizar-se a planta da habitação para o pessoal superior das minas. Acima da cozinha situam-se os vestígios de um reservatório de água (tanque elevado) (Figura 4.14, nº 5). Não muito afastado existia ainda um balneário com quatro chuveiros e casa de banho (Figura 4.14, nº 7) e, ainda, um outro só com casa de banho (Figura 4.14, nº 8) (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

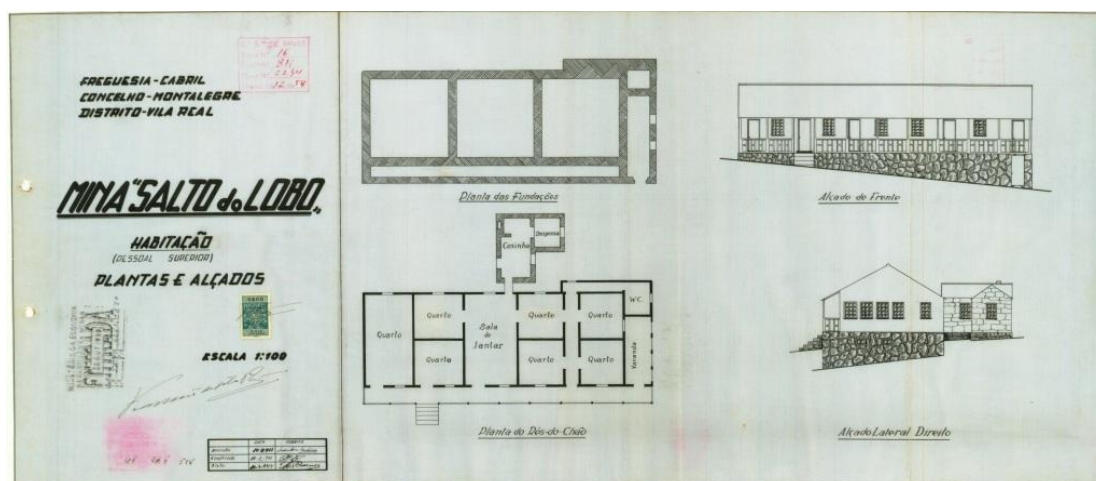
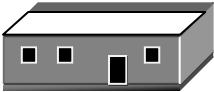



Figura 4.16 – Planta da habitação (pessoal superior da mina), Mina “Salto do Lobo”. Esc. 1: 100 (fonte LGM, 2013).



O quadro 4.IX consta da avaliação do estado de degradação dos edifícios e consequente segurança de cada infraestrutura mineira pertencente ao Núcleo 3.

Verifica-se que os diversos edifícios se encontram, maioritariamente, desprovidos de equipamentos, correspondendo à avaliação nº 7 – “Obliteração e destruição tanto de equipamentos móveis como de alguns imóveis”. No entanto, permanecem alguns objetos indicadores da funcionalidade dos equipamentos (Quadro 4.X) (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.IX – Quadro de qualificação do patrimônio edificado inerente ao Núcleo 3 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Edifícios	Estado de preservação
1 – Secretaria, recepção de minério e cantina; 2 – Armazém e edifícios de habitação; 3 – Casas de habitação; 4 – Cozinha da casa do pessoal superior das minas; 6 – Divisória para o gerador (armazém) e garagem; 7 – Balneário e casa de banho; 8 – Casa de banho; 9 – Oficina; 10 – Pequeno armazém ou oficina (provavelmente)	3 
11 – Enfermaria	4 

Quadro 4.X – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 3 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Estado dos equipamentos	Ilustração
2 - Em ruína	
	
	Edifício nº 6 – Divisória para o gerador (armazém) e garagem; Edifício nº 3 - Casas de habitação

Núcleo 4

Para Sul, em direção à Corga de Lamalonga mas ainda em Salto do Lobo, situam-se os edifícios que dizem respeito ao processamento dos minérios e que foram construídos no decurso da segunda metade dos anos 50 (Figura 4.17).

Para além dos edifícios, ainda existem postes de sustentação dos cabos metálicos de telégrafo, o qual permitia as comunicações no complexo mineiro.

No que diz respeito ao processamento do minério, estiveram em funcionamento uma lavaria e várias dependências onde era feita a “afinação” dos minérios (Figura 4.17, nº 6). Relativamente a estas dependências ainda restam vestígios e ruínas que podem ser facilmente identificados (Figura 4.18).

Junto do referido edifício pode observar-se, atualmente, as ruínas de um armazém, oficinas e, ainda, a casa de geradores (Figura 4.17 nº 1, 2, 3 e 8, respetivamente). A existência de um grupo gerador (Figura 4.17, nº 8) tinha que ver com a necessidade de abastecer o complexo mineiro de energia, desta forma existiam três centrais. Próximo encontra-se a entrada para a galeria de Salto do Lobo, pelo que na figura 4.17 nº4 nota-se, ainda, a presença de duas colunas que são o vestígio do suporte (cavelete) de um elevador sobre o poço principal (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

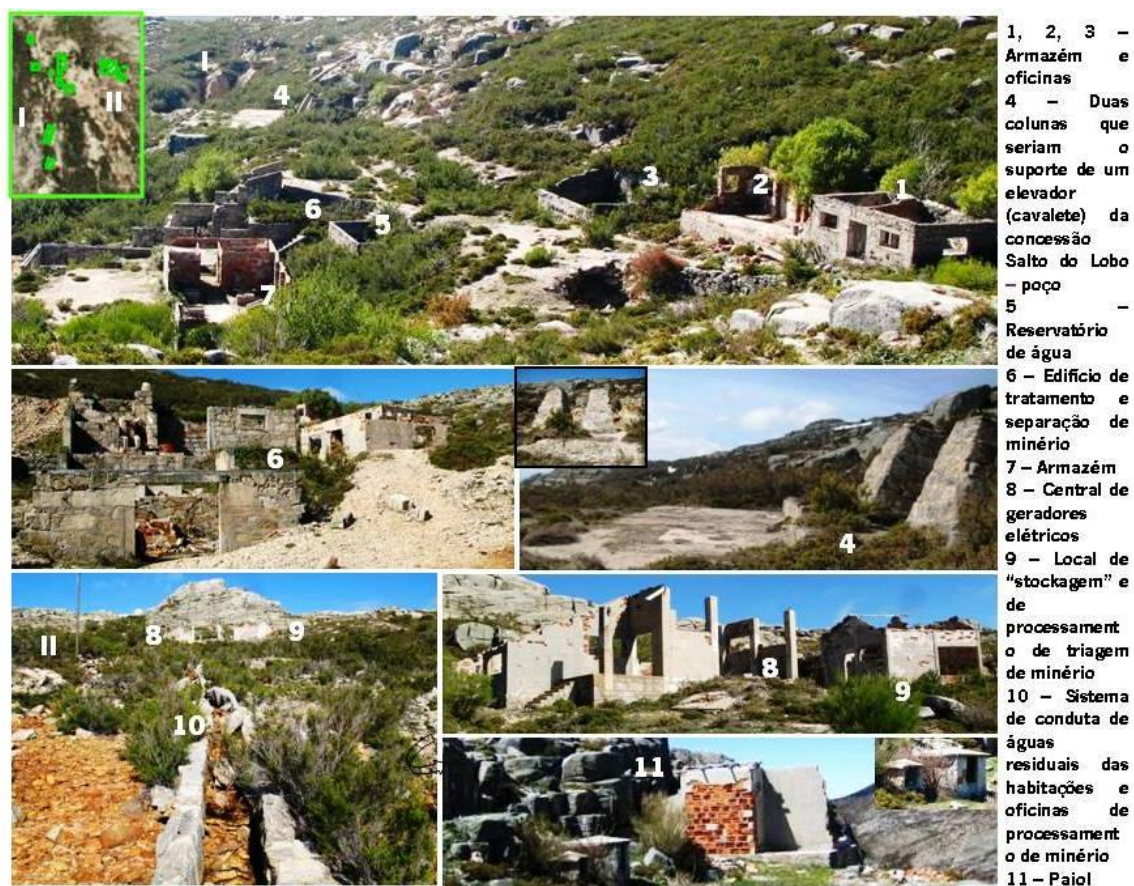


Figura 4.17 - Infraestruturas mineiras do Núcleo 4, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Uma outra infraestrutura mineira é o reservatório de água de apoio à lavra (Figura 4.17, nº5).

Do edifício onde se guardavam os explosivos (paio) (Figura 4.17 nº11), atualmente só existe uma parede e a infraestrutura está totalmente destruída. Localiza-se na parte de trás do “Penedo da Saudade”.

Ainda é possível identificar um sistema de conduta de águas residuais casas e/ processamento do minério (Figura 4.17, nº10) (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Do quadro 4.XI consta a avaliação do estado de degradação dos edifícios do Núcleo 4.

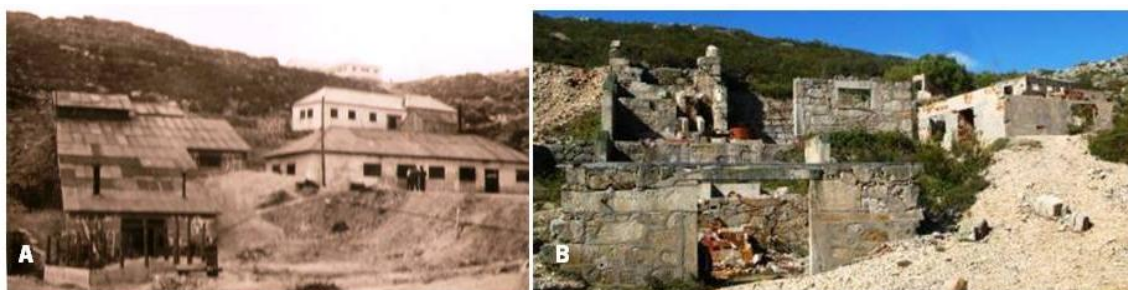



Figura 4.18 – **A** - Edifício de tratamento e separação de minério, em fase inicial (fonte Rui Barbosa e José Rodrigues de Sousa, 2013); **B** - Edifício de tratamento e separação de minério em ruína (Figura 4.17, nº6).

Quadro 4.XI – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 4 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Edifícios	Estado de preservação
1, 2, 3 – Armazém e oficinas, 6 – Edifício de tratamento e separação de minério, 7 – Armazém e geradores, 8 – Central de geradores, 9 – Local de processamento de minério (provavelmente), 11 – Paiol	4 

Os diversos edifícios integrados no Núcleo 4 encontram-se, maioritariamente, desprovidos de equipamentos - avaliação nº 7 - “Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns imóveis”. Contudo, o edifício de tratamento e separação de minério destaca-se pela presença, ainda que em ruínas, de alguns equipamentos (Quadro 4.XII) (Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.XII – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 4 (extraído de Gonçalves e Leal Gomes, 2013).

Estado dos equipamentos	Ilustração
4 - Levantamento de alguns órgãos imóveis dos equipamentos	
5 - Deterioração dos suportes dos equipamentos que, no entanto, se mantêm <i>in situ</i>	
6 - Persistência <i>in situ</i> de alguns equipamentos desligados	
	
	
	
	
	

Núcleo 5

Alguns metros após o edifício de tratamento e separação de minério, podem observar-se as infraestruturas mineiras que constituem o Núcleo 5 (Figura 4.19).

A entrada para a principal galeria existente nos Carris, mais concretamente na concessão “Salto do Lobo”, acabou por abater há alguns anos devido à decomposição das escoras de madeira e de toda a entivação em geral. O acesso era feito pela entrada de um edifício, armazém, e era controlado a partir de uma pequena sala localizada à esquerda da entrada (Figura 4.19 nº 4).

A partir do armazém que dava passagem à galeria principal segue-se o caminho de rolagem e transporte do “*tout-venant*” à lavaria e, em particular, à torva (Figura 4.19 nº5 e 6, respetivamente).

A lavaria (Figura 4.19 nº 7) era o maior edifício do complexo mineiro. Esta foi construída no princípio dos anos 50; sendo, ainda hoje, um edifício impressionante pela sua volumetria e especificidade arquitetónica bem preservada. Daqui observa-se, no vale situado a jusante (corga), a

grande escombreira da Corga de Lamalonga, que testemunha o volume e a intensidade da laboração mineira passada (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

A avaliação do estado de degradação dos edifícios do Núcleo 5 consta no quadro 4.XIII.

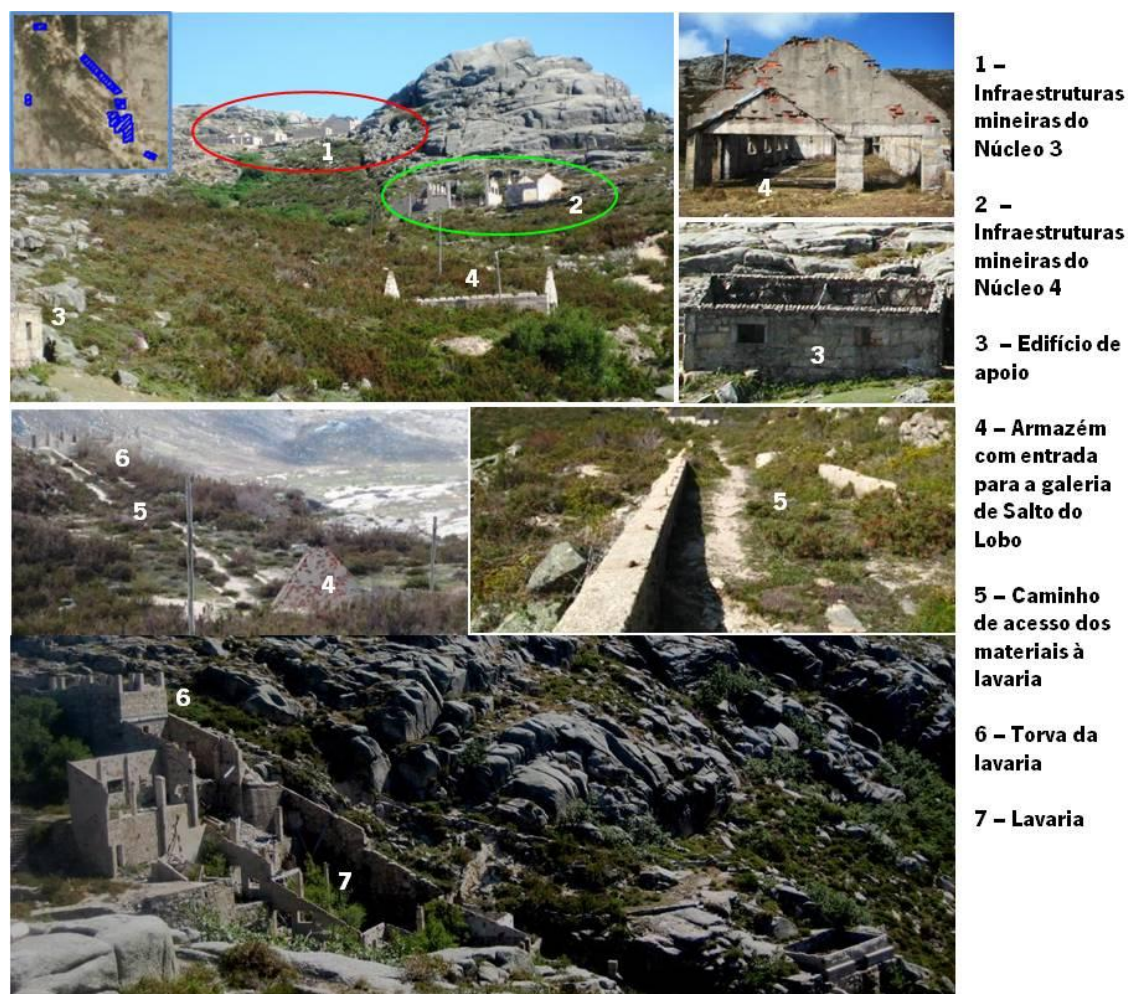




Figura 4.19 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 5, espaço mineiro Carris (extraído de Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.XIII – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 5 (extraído de Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Edifícios	Estado de preservação
3 – Edifício de apoio	③ 
4 – Armazém com entrada para a galeria de Salto do Lobo	④ 
7 – Lavaria	ver quadro 4.XIV

Os edifícios integrados no Núcleo 5 encontram-se, em parte, desprovidos de equipamentos - avaliação nº 7 - “Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns

imóveis”. No entanto, a lavaria destaca-se pela presença, de alguns equipamentos (Quadro 4.XIV) (Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Quadro 4.XIV – Quadro de qualificação do estado dos equipamentos no Núcleo 5 (extraído de Gonçalo e Leal Gomes, 2013).

Estado dos equipamentos	Ilustração
4 - Levantamento de alguns órgãos imóveis dos equipamentos	
5 - Deterioração dos suportes dos equipamentos que, no entanto, se mantêm <i>in situ</i>	
6 - Persistência <i>in situ</i> de alguns equipamentos desligados	

Em forma de síntese, possivelmente, os edifícios que inicialmente existiam em Carris (no início de 1940) deveriam ser edifícios rudimentares em pedra, muito semelhantes aos abrigos de pastores que ainda hoje se podem visualizar na Serra do Gerês. Com a passagem dos registos mineiros para a posse da Sociedade Mineiras dos Castelos Ltda., tornava-se necessária a construção de edifícios que pudessem suportar uma exploração intensiva de volfrâmio na concessão do “Salto do Lobo”. Assim, a 2 de março de 1944, esta sociedade propõe a construção dos primeiros edifícios modernos naquela zona. Esta terá sido a primeira grande vaga de construções levadas a cabo na zona, criando um conjunto de instalações que permitiria o início da exploração intensiva. Posteriormente estes edifícios seriam alargados, permitindo assim uma ampliação dos trabalhos mineiros.

4.1.3. Dedução das práticas de exploração e beneficiação do minério

Observando todos os resquícios dos edifícios mineiros, em particular a secção de lavaria e a de tratamento e separação do minério, é inevitável tentar juntar todas as peças de um “puzzle” cuja imagem final corresponde a um dos momentos da exploração mineira nos Carris e, consequentemente, àquilo que poderia ter sido o conjunto de processos de tratamento mecânico do minério.

Destaca-se, assim, o exemplo da exploração de volfrâmio cujo destino se cingia, principalmente, à sua transformação em ferro tungsténio (etapa decorrida no Complexo Mineiro da Borralha, no concelho de Montalegre) a fim de ser comercializado.

Uma possível interpretação para o tratamento mecânico do minério engloba, essencialmente, três etapas:

- 1ª - Quebragem/britagem, moagem e calibragem
- 2ª - Separação hidrogravítica de areias e lamas
- 3ª - Flutuação sobre mesas.

Tais etapas foram estabelecidas a partir da observação dos edifícios e equipamentos presentes no espaço mineiro Carris, da análise do processamento do minério na mina da Panasqueira (Reis, 1971), bem como de relatos do sr. António Rita, analista químico, que exerceu atividade profissional na mina da Borralha e procedeu à análise de minério proveniente de diversas minas, entre as quais a dos Carris.

O diagrama que se segue (Figura 4.20) permite, desde já, compreender de uma forma genérica os processos inerentes ao tratamento do minério.

A primeira etapa consistia na extração do minério das minas, e posterior classificação, com o intuito de proceder à beneficiação do mesmo através da eliminação de grande parte do estéril que o acompanhava. Desta forma, todo o minério saído através da galeria principal de extração era transportado por vagonas até à torva (a qual servia como depósito do escombro) que, por sua vez, fazia o abastecimento direto da lavaria.

Junto à boca da galeria principal (galeria de Salto do Lobo) existe um edifício que teria servido como local de armazenamento da maquinaria e outros materiais de apoio à lavra mineira em toda a concessão.

A passagem da torva para o britador efetuava-se por um canal que conduzia o minério, este passaria, posteriormente, para um crivo com três divisórias para que, de acordo com a sua calibragem, o minério passa-se para moinhos ou novamente pelos crivos, depois para os jigos, mesas de flutuação e mesas dos finos.

O material com dimensões superiores seria sujeito a nova moagem e o material de menores dimensões seria novamente classificado, permitindo a separação das areias e das lamas.

Por todos estes processos formar-se-ia grande quantidade de lama, sobretudo resultado da moagem a que parte do material era submetido.

Numa segunda etapa de processamento do minério eram utilizadas jigas e mesas oscilantes conduzindo, desta forma, à obtenção de concentrados primários (britados primeiramente) pela separação, também, das areias e das lamas provenientes da secção de moagem e calibragem (Figura 4.21).

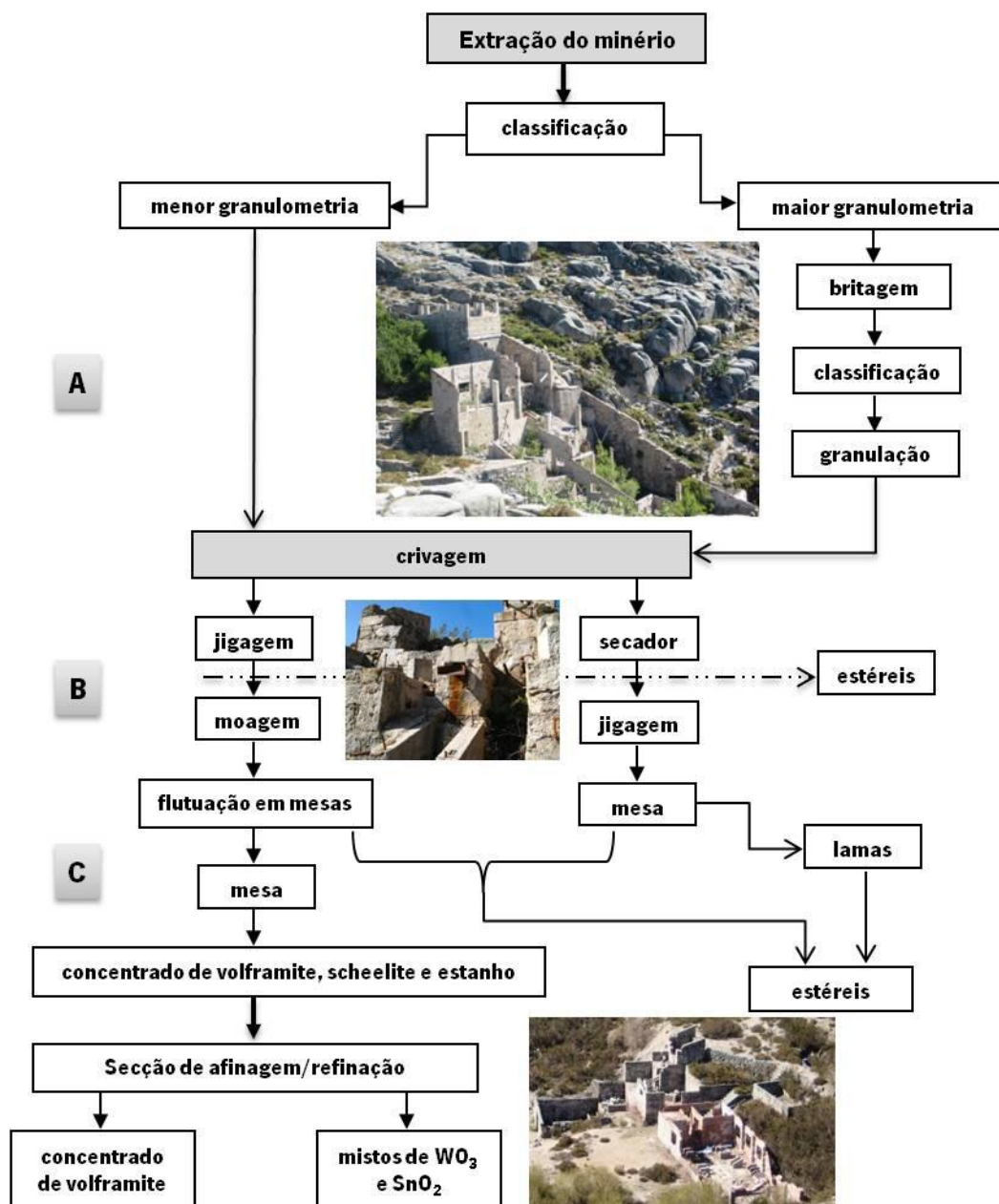


Figura 4.20 – Diagrama deduzido de processamento de volfrâmio e minério associado. **A** - Quebragem/britagem, moagem e calibragem. **B** - Separação hidrogravítica. **C** - Flutuação sobre mesas (Baseado em Reis, 1971 e Sr. António Rita, analista químico nas minas da Borralha).

O concentrado de jigagem atravessaria uma classificação em crivo, a fim de ser preparado para a concentração em mesas. Como resultado originavam-se três tipos de produtos: estéreis (areias) que se juntariam ao estéril da jigagem e seriam colocados na escombreira, concentrados primários que iriam abastecer a secção de flutuação e mistos que comportariam novamente tratamento.

Desta forma, a água não somente era utilizada nos processos de jigagem e de crivagem como também serviria para o tratamento de areias resultantes da moagem, sendo que as areias reunidas numa torva passariam para uma jiga a fim de ser eliminada a maior quantidade possível de estéril.

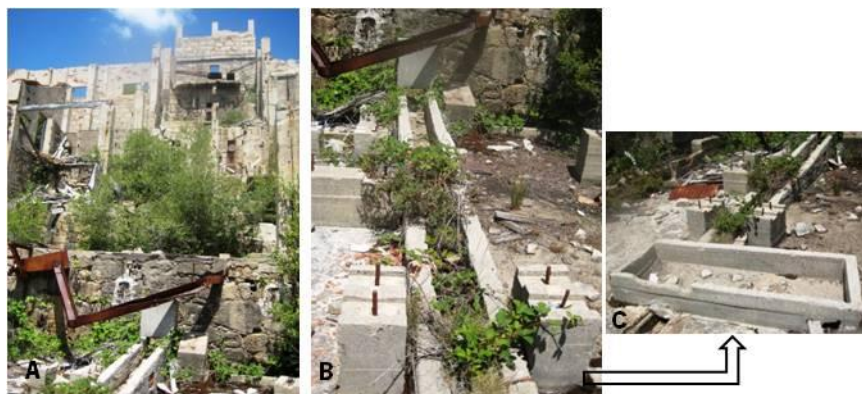


Figura 4.21 – **A** – Canal de recuperação e encaminhamento de água para o tratamento do minério, **B** - Suporte, possivelmente, de uma mesa de tratamento de minério, **C** - “Tanque” de decantação.

A água seria conduzida por canais em madeira e cimento e recuperada num tanque localizado no fundo da lavaria.

Passando à terceira etapa, nesta todos os concentrados primários das mesas eram conduzidos à secção de flutuação onde, de início, atravessariam uma classificação que originaria diversos calibres (Figura 4.22).



Figura 4.22 – Concentrados primários calibrados.

No entanto, a terceira etapa interpreta-se, principalmente, na secção de tratamento e separação de minério já que deveria ocorrer, nos edifícios pertencentes a esta secção, o tratamento da fração fina do minério de volframite e o acabamento final dos produtos constituintes do minério (previamente tratados), isto é, a refinação de parte dos concentrados produzidos em lavaria, uma vez que *in situ* existem locais em forma de cilios onde existe uma grande quantidade de pirite e a área envolvente contribui de forma particular para o impacte ambiental em Carris.

Assim, todo o minério era recolhido e encaminhado para o secador, sendo que algum poderia ser novamente crivado (escombro com molibdénio, volfrâmio e scheelite e alguns sulfuretos). Posteriormente entraria noutras mesas da flutuação para eliminar o cobre da pirite e, após ser tratado, iria novamente ao secador e entraria na separadora (Figura 4.23).



Figura 4.23 – A - Localização de um moinho e de dois secadores no edifício de afinagem; **B** - Suportes, provavelmente, de mesas e de crivos.

Tanto o edifício correspondente à lavaria como o de afinagem/refinação localizam-se no local Salto do Lobo, o que vai de encontro ao facto da concessão do Salto do Lobo estar associada à exploração mais importante das Minas dos Carris. Após extraído das profundezas da terra, o minério era trazido à superfície (sendo que, através da exploração feita na vertical, o minério era trazido por elevador) e encaminhado para a lavaria existente no topo da Corga da Lamalonga. Daqui, o minério era transportado até aos locais de venda.

4.2. ESPAÇO MINEIRO LAS SOMBRAS

4.2.1. Património edificado e equipamentos de Las Sombras

O espaço mineiro Las Sombras mostra um conjunto de instalações mineiras de superfície que, apesar de se encontrarem num estado considerável de degradação e despojadas de parte importante dos respetivos equipamentos, ainda possuem algum valor patrimonial.

A descrição desse conjunto de instalações mineiras pode ser organizada num agrupamento funcional, onde a classificação do estado de conservação sugere a subdivisão em três núcleos patrimoniais típicos, os quais incluem os testemunhos imóveis mais significativos da arquitetura mineira. A localização de todos os vestígios imóveis e a sua organização em núcleos funcionais apresenta-se na figura 4.24.

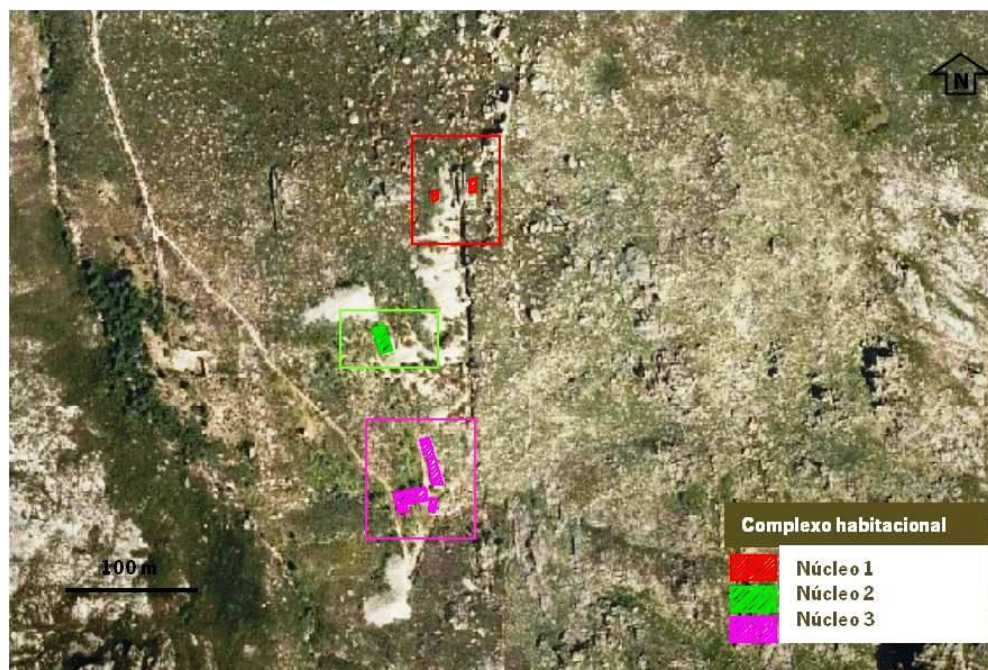


Figura 4.24 – Infraestruturas mineiras do espaço mineiro Las Sombras, representadas em três núcleos. Escala 1:5 000 (PNPG, 2011).

Deste modo procede-se, de seguida, à descrição dos três núcleos patrimoniais.

Núcleo 1

O designado Núcleo 1 é composto por uma escombreira resultante da exploração mineira à superfície e por diversas trincheiras (Figura 4.25). Não são visíveis quaisquer edificações, não se aplicando, por isso, os quadros de qualificação da figura 4.6 e quadro 4.IV.



Figura 4.25 – Vestígios da exploração mineira no Núcleo 1, espaço mineiro Las Sombras.

Núcleo 2


No Núcleo 2, também referenciado pela existência de uma escombreira, observam-se ainda as ruínas de um edifício de apoio à lavra (Figura 4.26), não sendo observável qualquer equipamento.



Figura 4.26 – Edifício de apoio à lavra mineira, espaço mineiro Las Sombras.

A qualificação do património edificado consta do quadro 4.XV.

Quadro 4.XV – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 2, espaço mineiro Las Sombras.

Edifícios	Estado de preservação
Edifício de apoio à lavra mineira	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">4</div>  </div>

Quanto à avaliação do estado dos equipamentos, segundo o quadro 4.IV, pode dizer-se que no Núcleo 2 há “Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns imóveis – nº 7”.

Núcleo 3

No Núcleo 3 proliferam várias ruínas de infraestruturas de apoio à lavra mineira (Figura 4.27).






Figura 4. 27 – Infraestruturas mineiras do Núcleo 3, espaço mineiro Las Sombras.

No local é possível observar o trajeto efetuado pelas vagonas, desde a única galeria visível até à escombreira principal (localizada mais a sul dos edifícios).

Junto à galeria situa-se a maior infraestrutura e aquela que apresenta um estado de conservação mais elevado, a qual corresponde à caserna do pessoal das minas (Figura 4.27 nº 1). Próximo desta encontra-se um armazém de apoio à lavra (Figura 4.27 nº 2), um escritório (Figura 4.27 nº 5) e, ainda, um paiol, provavelmente (Figura 4.27 nº 4). A cota inferior localiza-se o edifício que funcionava como lavaria/separadora (Figura 4.27 nº 3) e a infraestrutura respeitante ao posto do guarda e cabine da luz com transformador (Figura 4.27 nº 6).

Seguindo o quadro de qualificação do património edificado (Figura 4.6) verifica-se o constante no quadro 4.XVI.

Quadro 4.XVI – Quadro de qualificação do património edificado inerente ao Núcleo 3, espaço mineiro Las Sombras.

Edifícios	Estado de degradação
4 - Paiol 6 - Cabine da luz com transformador	1 
1 - Caserna do pessoal da mina	2 
2 - Armazém dos compressores 3 - Lavaria/separadora 5 - Escritório/secretaria	4 

No edifício correspondente à lavaria/separadora é ainda possível identificar vestígios de diferentes equipamentos (Figura 4.28), como os essenciais no processo de britagem. Destes destacam-se: britador, crivos, compressor, separadora e moinhos.

Avaliando o estado dos equipamentos localizados no edifício lavaria/separadora e na galeria e de acordo com o constante no quadro de qualificação, quadro 4.IV, verificam-se os seguintes estados dos equipamentos:

- 1 - Desligado das redes;
- 2 - Em ruína;
- 5 - Deterioração dos suportes dos equipamentos que, no entanto, se mantêm *in situ*, (como se confere com os carris e as vagonas).

Nos restantes edifícios pertencentes ao Núcleo 3, observa-se o estado nº 7 “Obliteração e destruição tanto em equipamentos móveis como em alguns imóveis”.



Figura 4.28 - Equipamentos pertencentes ao espaço mineiro Las Sombras.

5. IMPACTE AMBIENTAL E RISCO

A exploração de volfrâmio, molibdénio e estanho, nos Carris e em Las Sombras, originou acumulações superficiais de diversos materiais triturados e subgranulados os quais são aqui referidos, em termos gerais, como detritos/resíduos, ou materiais de escombros, acumulados em pilhas, quase sempre de pequenas dimensões, as quais, mesmo assim serão designadas como escombreliras.

Algumas das pilhas são, na realidade, constituídas por materiais que não seriam rejeitados mas que, em alguns casos, se destinavam a sofrer um tratamento adicional com vista ao apuramento de minérios de valor marginal. Tem estas características uma pilha de triturados finos enriquecidos em sulfuretos e destinados a ustulação, os quais passarão a ser referidos como pré-ustulados. Trata-se pois de materiais sulfuretados finos que não foram sujeitos ao tratamento a que se destinavam. Estas acumulações de pré-ustulados, embora de reduzidas dimensões, representam fulcros de evolução supergénica significativos, atendendo ao alto conteúdo de sulfuretos que comportam, especialmente, pirite e calcopirite.

Na maioria dos casos, contudo, as escombreliras são acumulações de fragmentos litológicos que incluem estéreis provenientes dos trabalhos de acesso e de desmonte e, também, produtos de beneficiação dos minérios em granulometrias bastante variáveis.

Pela sua reatividade, em contexto de interação água-rocha, podem ser considerados equivalentes a escombreliras de resíduos com sulfuretos.

O estudo estrutural e materialográfico das escombreliras e a organização espacial e composicional da drenagem que elas suscitam permitem uma aproximação, pelo menos qualitativa, ao tipo de impacto sobre as condições naturais prévias e a sua magnitude e dispersão.

Não são apenas as pilhas de resíduos resultantes da lavra mineira que constituem potenciais fulcros de impacto ambiental (IA). Também as infraestruturas de apoio à lavra poderão representar impacto ambiental, quanto mais não seja de impacto paisagístico. Este aspeto tem relevância especial por se tratar de uma área protegida como é a do Parque Transfronteiriço Gerês/Xurés. Nesta aceção é pois essencial equacionar e promover uma forma racional e equilibrada de reabilitação do espaço mineiro, a qual pode mesmo vir a incluir aquelas infraestruturas, desde que devidamente eliminados alguns fulcros de risco geotéctico e fontes de carga sólida para os cursos de água.

Assim, torna-se importante proceder tanto à identificação/caracterização das escombreiras como das infraestruturas de escavação e de construção (sub-capítulo 5.1), por forma a perceber e, eventualmente, monitorizar o seu contributo diferenciado para a manifestação de IA. Este também depende de outros fatores naturais como é o caso do contexto climático em que se inserem as áreas mineiras em estudo.

A geologia dos jazigos e suas paragéneses primárias são determinantes, pelo que uma eventual avaliação do impacto terá que os ter em conta.

A análise dos resíduos inclui diferentes abordagens.

Em primeiro lugar, interessa considerar a mineralogia herdada do depósito primário e as condições da sua acumulação. Estas propriedades controlam os processos de evolução geológica, geoquímica e mineralógica das escombreiras que, por sua vez, permitem despistar a presença de fulcros de IA e ajuizar sobre a sua reatividade.

É de referir que tanto a mineralogia como a granulometria dos resíduos são parâmetros condicionados pelas características do jazigo explorado e pelo tipo de minério produzido.

A granulometria dos estéréis controla a evolução física-química das escombreiras, uma vez que a variabilidade de superfícies específicas afeta a magnitude e qualidade dos processos de interação água-mineral e água-rocha.

Com o intuito de caracterizar os volumes de escombros acumulados nos Carris e em Las Sombras serão consideradas: condições de acumulação dos resíduos, propriedades dos resíduos acumulados (composição mineralógica e granulometria), testemunhos e indicadores de evolução geoquímica e mineralógica e dispersão de constituintes e, ainda, estado de degradação de infraestruturas indicadoras de impacto dos efluentes mineiros sobre os sistemas fluviais do rio Cabril e do rio Amoreira (Figura 5.1).

Atendendo ao facto de que o impacto ambiental também se relaciona com a qualidade da água nos efluentes, uma vez que o escoamento dos mesmos influencia os sistemas fluviais recetores de drenagem, importa analisar as características de tais efluentes seguindo o esquema organizacional da figura 5.2.

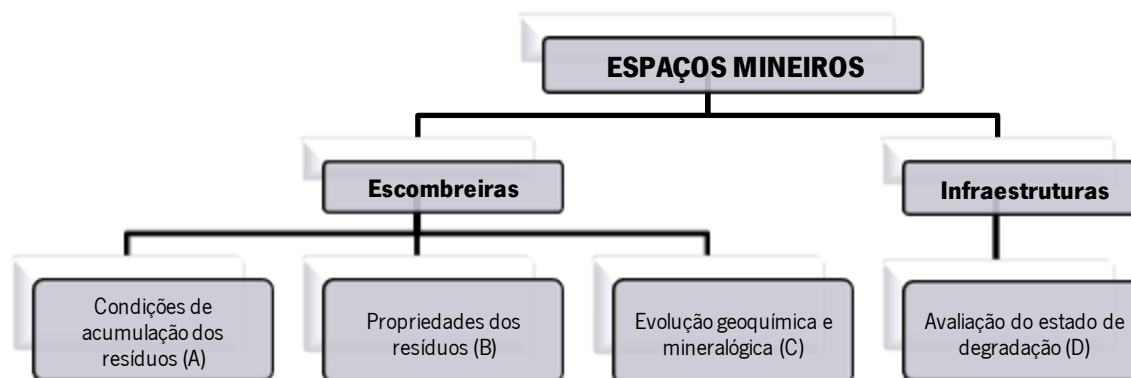


Figura 5.1 – Elementos de caracterização de fulcros mineiros potencialmente condicionantes de Impacte Ambiental (IA).



Figura 5.2 – Elementos de caracterização dos efluentes mineiros.

Comparativamente ao espaço mineiro Las Sombras, nos Carris existe uma maior superfície ocupada por resíduos de lavra mineira e, conseqüentemente, uma área superior de dispersão de escombro (Quadro 5.1). Uma diferença aproximada de 116 663 m² para 7 781 m², respetivamente, isto é, os Carris têm uma área de escombro cerca de 15 vezes superior à de Las Sombras, pelo que cada um dos espaços mineiros será abordado em particular.

Quadro 5.1 – Área, aproximada, ocupada por acumulação de resíduos e tipo de resíduos acumulados, relativamente ao ano de 2007, nos espaços mineiros Carris e Las Sombras (fonte PNPG, 2011).

ESPAÇO MINEIRO	LOCAL	ÁREA OCUPADA (m ²)	TIPO DE RESÍDUOS ACUMULADOS
CARRIS	Salto do Lobo	1146	Estéreis, essencialmente, finos e enriquecidos em sulfuretos. Também existem materiais inertes de maior granulometria.
	Corga das Negras	2221	Fragmentos grosseiros e irregulares onde predominam fácies graníticas (essencialmente material inerte).
	Lamalonga	113296	
LAS SOMBRAS	Escombreira I	1139	Fragmentos grosseiros e irregulares onde predominam fácies graníticas (essencialmente material inerte).
	Escombreira II	5562	
	Escombreira III	1180	

5.1. Caracterização das escombreyas e infraestruturas mineiras

5.1.1. Espaço mineiro Carris

Nos Carris existiram três concessões mineiras que em termos de quantidade de minério processado tiveram importâncias diferentes e, conseqüentemente, deram origem a escombreyas com características distintas, tanto no que concerne ao material que as constitui como à forma e dimensão que apresentam. Esta heterogeneidade associada à dispersão geográfica dificulta a dedução de um padrão definido de efeitos sobre o ambiente. Assim, é essencial a caracterização individual de cada escombreira de forma a reconhecer, para cada caso, a componente de IA que lhe corresponde, no contexto geral das modificações dos sistemas de drenagem principais.

Para este efeito, no caso do jazigo dos Carris entende-se que o espaço mineiro deverá ser organizado em função das três concessões mineiras que incidiram sobre ele: Concessão n.º 2234 - Salto do Lobo, Concessão n.º 2806 - Corga das Negras n.º 1 e Concessão n.º 3120 - Lamalonga n.º 1 (designações atribuídas na década de 40). Desta forma, tal caracterização passará pelo subenquadramento em três locais (Figura 5.3), os quais correspondem à localização das três concessões primordiais – **Salto do Lobo (SL)**, **Corga das Negras (CN)** e **Lamalonga (L)**. A formação das escombreyas está relacionada com a aglomeração de resíduos/detritos ou de materiais acumulados em pilhas, com diferentes proveniências.

Na figura 5.4 apresenta-se um esboço do espaço mineiro onde se encontram representadas as principais escombreyas e infraestruturas. Associada às escombreyas está figurada uma área de dispersão de estéreis, tendente para a Corga de Lamalonga. Por isso, a escombreira existente neste local será tratada com algum pormenor pelo facto de desencadear uma das mais importantes dispersões físicas de resíduos com trituração fina.

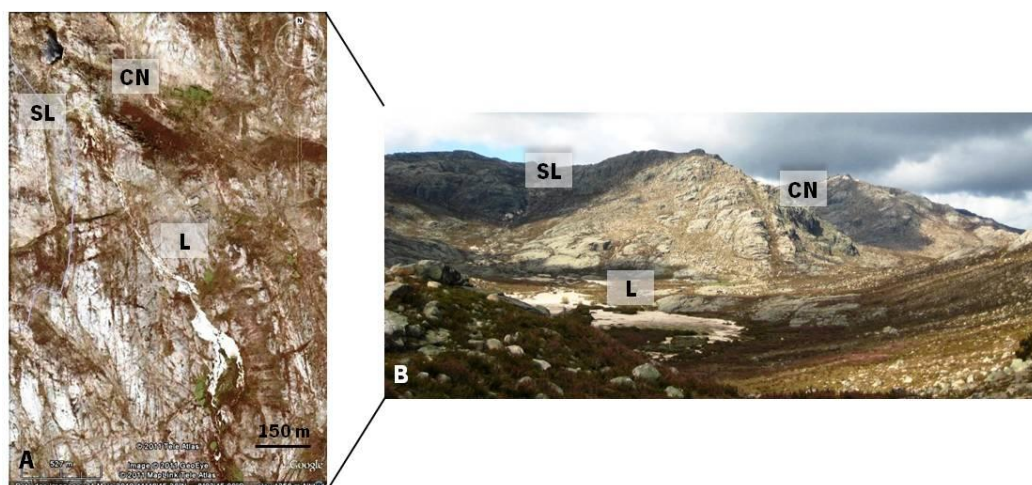


Figura 5.3 – A – Vista panorâmica relativa (imagem do Google earth) do espaço mineiro Carris (desde a represa até à área de dispersão de estéreis na Corga de Lamalonga). Principais locais de acumulação de estéreis: Salto do Lobo (SL), Corga das Negras (CN) e Lamalonga (L); **B** - Pormenor da área de dispersão de estéreis de Lamalonga (L).

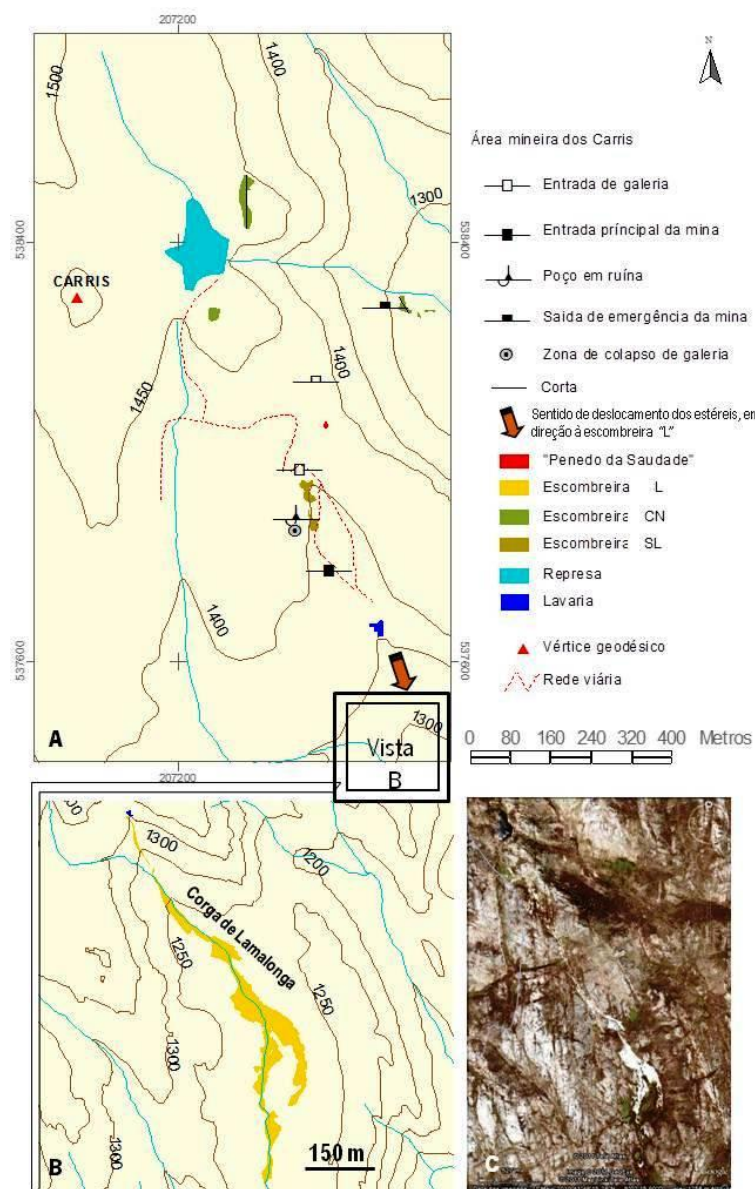


Figura 5.4 – A - Organização geográfica do espaço mineiro Carris com indicação dos principais locais de acumulação de escombros (Salto do Lobo - SL, Corga das Negras - CN e Lamalonga - L). Coordenadas UTM fuso 29-elipsoide internacional - DATUM Europeu. Escala 1/ 50 000; **B** - Pormenor cartográfico da Corga de Lamalonga, desenho da massa de escombros acumulada (fonte PNPG, 2011), obtido da imagem C (Google earth).

A discriminação dos aspetos referidos anteriormente atende, em particular, aos locais onde estiveram estabelecidas as três concessões mineiras principais: Salto do Lobo, Corga das Negras nº 1 e Corga de Lamalonga nº 1, pelo que a caracterização de cada local far-se-á de seguida e com esta sequência.

5.1.1.1. Local Salto do Lobo

Salto do Lobo não só foi o primeiro local de extração de minério como também o mais explorado no espaço mineiro Carris. Onde as escavações mineiras foram mais importantes observam-se

inundações e a água de escorrência superficial é mais abundante. Parte dessa água é drenada, posteriormente, para o sistema fluvial do rio Cabril.

No local existe um grande número de poços, galerias e diversidade de pisos de exploração que, em conjunto, contribuem para uma grande acumulação de água nas infraestruturas de apoio à lavra mineira, atualmente abandonadas. Tal facto não se verifica nos locais Corga das Negras e Lamalonga.

A. Condições de acumulação dos resíduos

A acumulação sucessiva de resíduos em regime de despejo livre, em Salto do Lobo, originou pequenas escombreyras. Restou, também, uma pilha de pré-ustulados, a qual se comporta atualmente como um fulcro de dispersão de drenagem ácida equivalente ao de uma escombreyra. Na figura 5.5 ilustram-se acumulações de resíduos resultantes da etapa inicial (Figura 5.5 A) e de uma das etapas finais da exploração de volfrâmio do depósito primário (Figura 5.5 B).



Figura 5.5 – Vista panorâmica de locais de escombro em Salto do Lobo. **A** – Resíduos muito grosseiros (filão de Salto do Lobo); **B** - Resíduos de granulometria média a fina (pilha de pré-ustulados) com representação, em pormenor, da escombreyra de resíduos pré-ustulados – **C**.

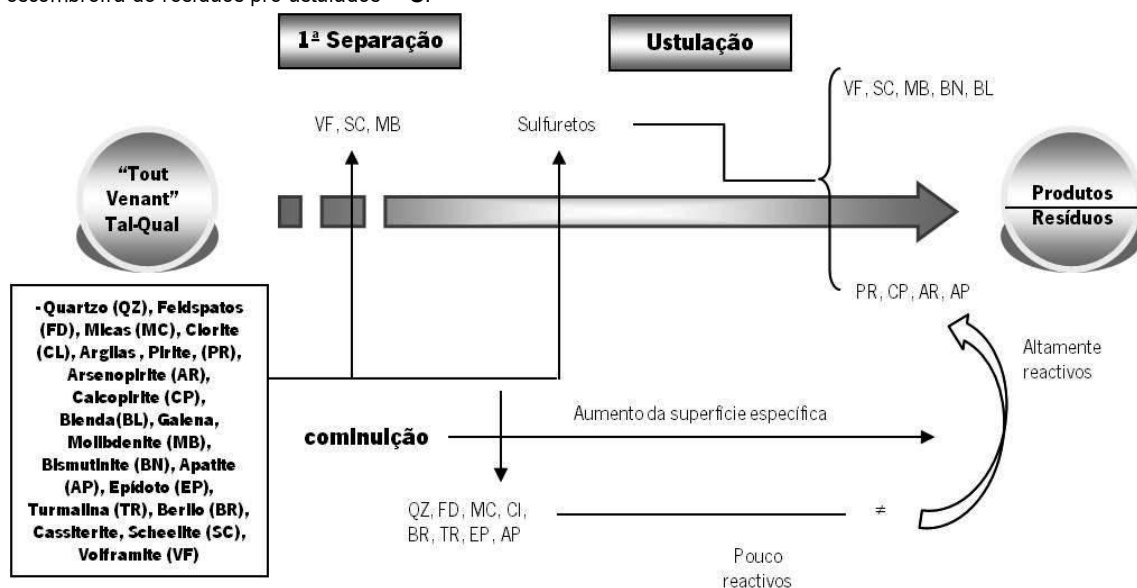


Figura 5.6 – Organograma de exploração de minério aplicado no espaço mineiro Carris. QZ - quartzo, FD -feldspatos, MC - micas, CL - clorite, PR - pirite, AR - arsenopirite, CP - calcopirite, BL - blenda, MB - molibdenite, BN - bismutinite, AP - apatite, EP - epidoto, TR - turmalina, BR - berilo, SC - scheelite, VF – volframite.

B. Propriedades dos resíduos

Predominam os resíduos de maior granulometria, maioritariamente silicatados (incluindo quartzo, feldspatos e micas), resultantes dos trabalhos de desmonte e de fragmentação grosseira. Também se observam resíduos finos e enriquecidos em sulfuretos, já resultantes do processo de beneficiação em lavaria.

Uma vez que a persistência de sulfuretos em escombreira contribui para a origem de águas de drenagem ácida (AMD, derivada da bibliografia anglo-saxónica), procedeu-se ao estudo de diferentes tipos de acumulações de forma a ajuizar da alterabilidade dos sulfuretos no local onde se encontram as pilhas de fragmentos.

Para caracterizar a paragénese primária examinaram-se variadas amostras de fragmentos de “*tout-venant*” que persistem na torva da lavaria existente no complexo mineiro dos Carris. Numa observação preliminar dos fragmentos presentes nessa infraestrutura (como exemplo os que são ilustrados na Figura 5.7) conclui-se que a alteração de minérios após a extração é incipiente (nessas circunstâncias escasseiam os sulfuretos).



Figura 5.7 – Fragmentos de “*tout venant*” localizados na torva da lavaria do espaço mineiro Carris.

Entre as amostras de mão que foi possível observar selecionaram-se duas que dizem respeito a fragmentos do granito dos Carris: uma possui veios com sulfuretos e ausência de enrubescimento (Figura 5.8), outra apresenta-se no encaixante enrubescida e com escassez de sulfuretos nos veios, mas abundância de óxidos e tungstatos (Figura 5.9). Estas amostras representam as paragénese primárias do jazigo e evidenciam a sua reatividade específica.

Em alguns agregados supergénicos dos triturados enriquecidos em sulfuretos, que se observam na pilha de sulfuretos não ustulados (pilha de pré-ustulados), é possível estabelecer as particularidades de evolução supergénica após mineração.

Na análise destes produtos de mineração procurou-se reconhecer as relações e determinar características composicionais com significado geoquímico relativamente à evolução dos minerais primários quando submetidos à meteorização.

I. Associações mineralógicas típicas, herdadas do depósito primário – Paragéneses Primárias

O granito dos Carris presente na amostra da figura 5.8 (A e B) tem feição leucocrata, grão fino a médio (entre 1 mm e 5 mm) e caráter biotítico. Apresenta-se microclinizado e moscovitizado no contacto e, à superfície, surgem pátinas de oxidação junto à volframite com típica textura em “Comb”, em veios de quartzo tardios.

Ao microscópio ótico de luz refletida (MOLR) foi observada cassiterite (SnO_2) intercrescida com quartzo mas também com feldspato potássico, o que sugere ainda uma afinidade pegmatítica (Figura 5.8 C).



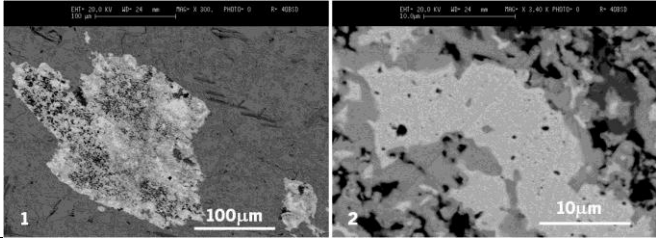
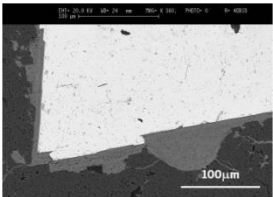
Figura 5.8 – Amostra de granito dos Carris com sulfuretos e ausência de enrubescimento. **A** - Vista perpendicular ao contacto, **B** – Vista do contacto, **C** - Observação em MOLR de quartzo (QZ), scheelite (SC), arsenopirite (AR) e cassiterite (CS) (minerais caracterizadores da paragénese primária).

Na fácies venular, representada nesta amostra, predominam os sulfuretos. O encaixante apresenta albitização e greisenização posterior. Ao analisar a textura em “pente” interna verifica-se que a volframite se apresenta zonada, com incremento da molécula hubnerítica no decurso do crescimento cristalino (observação em microscópio eletrónico de varrimento, MEV). No quadro 5.II discriminam-se os sulfuretos que foi possível distinguir em MOLR. No quadro 5.III distinguem-se os sulfossais associados.

Quadro 5.II – Observações em superfície polida, ao MOLR, presentes nos veios da amostra do granito dos Carris da figura 5.8.

Mineral	Molibdenite (MoS_2)	Arsenopirite (FeAsS)	Calcopirite (CuFeS_2)	Estanite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	Kesterite $\text{Cu}_2(\text{Zn, Fe})\text{SnS}_4$
Modo de ocorrência	Transição entre molibdenite de salbanda e volframite interna. Intercrescimento molibdenite e scheelite.	Arsenopirite, sob a forma de cristais euédricos, em disseminação automórfica na base de crescimento de volframite.	Intercrescimento primário típico entre calcopirite, pirite e volframite. Esta apresenta-se zonada e com periferia de hubnerite (mais manganês).	Estanite incluída em volframite.	Kesterite - estanite em associação posterior de volframite mais scheelite.

Quadro 5.III – Observações de sulfossais em lâmina delgada, ao MEV, presentes na amostra do granito dos Carris da figura 5.8.

Mineral	Volframite	Arsenopirite
Modo de ocorrência	<p>Intercrescimento de sulfossais de bismuto e chumbo inclusos em volframite (imagem 1). Encontram-se presentes três fases: rugosa escura, em que a rugosidade consiste em plasmas de bismite com ferro e chumbo; escura, onde está presente PbO ou S (as características da imagem não permitiram a sua diferenciação) e brilhante, a qual corresponde a bismite, $\text{Bi} >> \text{O}$.</p> <p>Os sulfossais de bismuto e chumbo apresentam-se alterados.</p> <p>A imagem 2 é um pormenor da 1 que permite a identificação da fase mais escura, a qual é similar à fase rugosa escura.</p> 	<p>Estão presentes inclusões de sulfossais de Bi Pb (bismuto e chumbo). Não é observável scorodite, mas sim goethite em pátinas sobre arsenopirite.</p> 

A amostra de granito com predomínio de óxidos supergênicos emanados dos veios, que apresentam estrutura interna em “*comb*” e com evidência de “*crack-seal*” multifásico apresenta-se na figura 5.9.

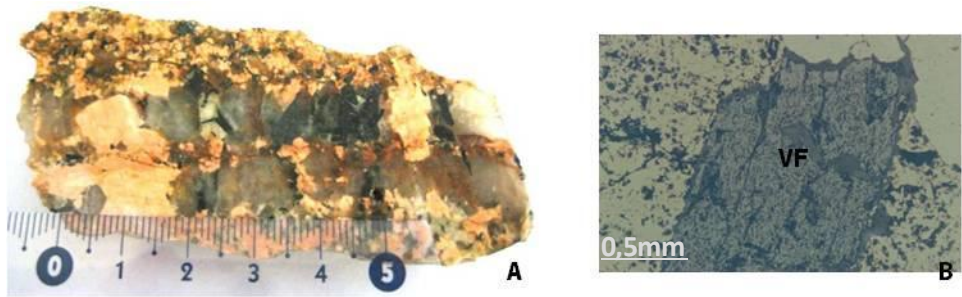


Figura 5.9 – A – Amostra de granito dos Carris enrubescido e com escassez de sulfuretos; **B –** Volframite primária, VF (paragénese primária) observada em lâmina delgada ao MOLR.

Pela observação macroscópica constata-se que o granito apresenta enrubescimento (afetando especialmente o feldspato potássico). No preenchimento dos veios de quartzo é abundante a volframite e são escassos os sulfuretos. A deposição desta paragénese corresponde, portanto, a um estado mais oxidante da evolução geoquímica primária do sistema.

Através das observações em MOLR verifica-se que o “*crack-seal*” afeta a volframite que vem a ser selada pela scheelite (Quadro 5.IV) e, também, que apresenta microclina e volframite.

Pela análise da amostra com veios do granito dos Carris, em MEV, identifica-se “*crack-seal*” multifásico com cassiterite intercrescida e volframite. Entre os sulfossais predominam os de bismuto e chumbo, muitas vezes inclusos em volframite. Estão, também, presentes intercrescimentos oscilatórios entre volframite e scheelite e alternância volframite hubnerítica com volframite mais ferberítica (Quadro 5.V).

Quadro 5.IV – Observações de óxidos, em superfície polida ao MOLR, em veios com predominância de óxidos e tungstatos no granito dos Carris da figura 5.9 (A).

Fases Minerais	Scheelite (CaWO_4) – wolframite ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$)	Bismite (Bi_2O_3)
Modo de ocorrência	A wolframite apresenta alteração para tungstite embora a scheelite não se apresente alterada no depósito primário. Existem duas gerações de scheelite. Verificam-se relações de fracionamento múltiplas entre wolframite-scheelite e minerais de Bi (alterados para produtos secundários difíceis de identificar).	Alguma scheelite/tungstite e bismite (previamente bismutinite - Bi_2S_3 e Bi nativo) aparecem em espaços transtensivos da deformação de wolframite.

Quadro 5.V – Intercrescimentos significativos entre minerais tipomórficos da paragénese venular dos Carris da figura 5.9 (A). Observações em MEV (Wolframite – molibdenite 85x e 100X; Wolframite – cassiterite 80X).

	Wolframite - molibdenite	Wolframite - cassiterite
Modo de ocorrência	<p>Presença de wolframite hubnerítica, wolframite ferberítica com molibdenio, molibdenite e cassiterite (imagem V2 obtida a partir do conjunto observado na imagem V1).</p> 	<p>Intercrescimento cassiterite - wolframite. Existe variabilidade composicional na wolframite. Ocorrem bandas com maior e menor resistência ao polimento - wolframite e scheelite, respectivamente. Há transição de wolframite para scheelite e wolframite.</p> 

II. Petrologia das neoformações em pilha de resíduos – Paragéneses secundária

As neoformações são, também, designadas como minerais de drenagem ácida, atendendo às condições que facultam a sua génese. Isto é, resultam dos processos de alteração, lixiviação, transporte e precipitação que ocorrem nas escombreyras, na dependência da evolução composicional das águas de drenagem ácida (Valente e Leal Gomes, 2009).

Com o intuito de caracterizar os resíduos de calibre fino existentes na pilha de pré-ustulados, próxima da secção de afinagem (em Salto do Lobo), recolheu-se material crustificado em torrões de pequenas dimensões e procedeu-se a quantificação composicional (conteúdo mineralógico) com base em estimativa visual.

O material crustificado apresenta quartzo, micas e feldspato potássico, predominantes, e, ainda, uma grande quantidade de sulfuretos, onde prevalece a pirite e a arsenopirite (Quadro 5.VI).

Em superfície polida (Figura 5.10), ao MOLR, confirmou-se a presença de grande quantidade de pirite e de calcopirite e uma reduzida quantidade de wolframite, bismutinite e cosalite (Figura 5.11 A). A evidência microscópica de alteração dos minerais herdados do depósito primário é muito reduzida.

Quadro 5. VI – Minerais da paragénese primária predominantes na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.

MINERAIS DO DEPÓSITO PRIMÁRIO		GANGAS – RESÍDUOS		
Ganga	Minérios (concentrados)	Sulfuretos predominates	Sulfuretos e sulfossais vestigiais	Outros minerais raros
Quartzo Micas Feldspato potássico	Volframite Molibdenite Scheelite	Pirite Calcopirite (Molibdenite)	Arsenopirite Bismutinite Cosallite Cassiterite	Fluorite Calcite Siderite Apatite

As estimativas de composição mineralógica constam da figura 5.11 (A e B).

A observação microscópica proporcionou a informação que consta do quadro 5. VII.

Sulfuretos como a pirite e a calcopirite predominam nos resíduos, nos veios e nos torrões da pilha de pré-ustulação. É também, relativamente abundante, o tungstato volframite (Figura 5.11 B). Como particularidade destaca-se o facto de a pirite, que existe em grande quantidade, não se apresentar muito alterada. Contém sais intersticiais (observados em MEV) e goethite em fraturas e como aglutinante (Quadro 5.VII).

Em MOLR observa-se uma pátina de aglutinação periférica do torrão, como é visível na figura 5.12, parcialmente dissolvida no processo de polimento.

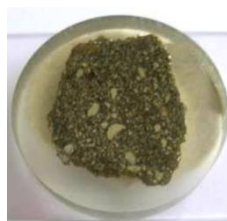


Figura 5.10 – Superfície polida (provete Ø= 2,2 cm) elaborada a partir do torrão crustificado de sulfuretos, recolhido na pilha de pré-ustulados em Salto do Lobo.

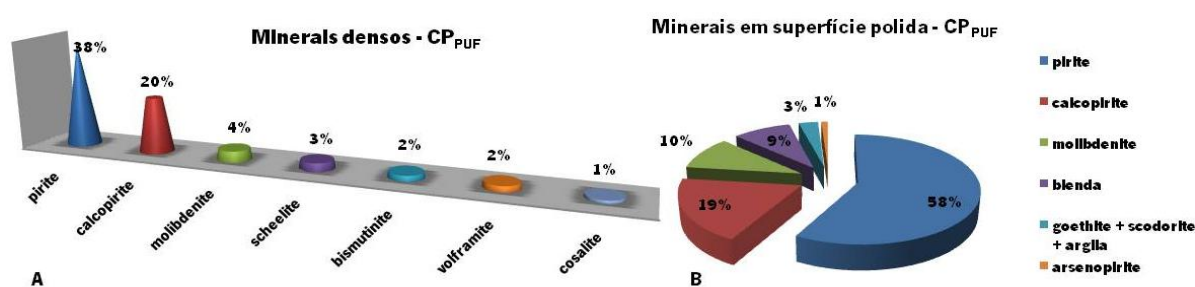


Figura 5.11 – Resultados da análise quantitativa de materiais densos na amostra da pilha de pré-ustulados (Salto do Lobo), em lupa binocular (A) e a partir da superfície polida (B). CP_{PUF} – Carris, pilha de pré-ustulados, material desagregado fino.

Quadro 5.VII – Caracterização do modo de ocorrência dos minerais da paragéneses secundária do depósito (deutéricos/supergênicos), os quais, em escombreira, representam as principais heranças de alteração. Observações em lâmina delgada, em MOLR, relativas à amostra de torrão constante na figura 5.10.

	Mineral	Modo de ocorrência
Sulfuretos	Pirite (FeS ₂)	Estão presentes dois hábitos distintos da pirite.
	Molibdenite (MoS ₂)	Existe uma zona com alguma molibdenite e com um grão de blenda com “ <i>calcopirite disease</i> ”. Surge, também, um grão de scheelite. Nenhum dos minerais apresenta pátinas de alteração e muito menos “ <i>box-work</i> ”.
	Arsenopirite (FeAsS)	Verifica-se alteração da arsenopirite para a scorodite mais invasiva/extensiva que a dos restantes sulfuretos, mas circunscreve-se aos contornos da arsenopirite, isto é, é apenas pseudomórfica.
	Calcopirite (CuFeS ₂)	A calcopirite fratura de forma mais esquirolosa que a pirite mas ambas apresentam poucas evidências de alteração.
Óxidos	Goethite FeO(OH)	A goethite liga em rede grãos de silicato, pirite e calcopirite. Subsistem “pontes” de goethite, em particular um raro aglomerado por pontes de goethite com formação de goethite intersticial (em menor ampliação).
	Tungstite (WO ₃ ·H ₂ O)	Tungstite formada a partir da volframite.

Alguns grãos de sulfuretos não alterados mostram texturas do tipo “*calcopirite disease*”.

Em síntese, os torrões aglutinados de sulfuretos incluem os minerais geradores de acidez - sulfuretos – que parcialmente são protegidos da alteração pela crustificação e pátina aglutinante e não propriamente pela sulfatização e/ou calcitização, já que estes dois processos se observam de forma muito incipiente e localizada.

O quadro 5.VII sugere, ainda assim, que existe alguma evolução geoquímica de sulfuretos, especialmente os de ferro.

A arsenopirite (Figura 5.12, 8) não mostra alteração no depósito primário, mas possui pátina pseudomórfica de scorodite na pilha de pré-ustulados.

Os torrões de sulfuretos mostram cristais automórficos de arsenopirite, os quais deveriam ter sido libertados no processo de cominuição.

A alteração da pirite, calcopirite, blenda e molibdenite é pouco significativa e são raras as texturas de “*box-work*” (Quadro 5.VII).

O compósito bismuto nativo-cosalite-galena (Figura 5.12, 4) manifesta alteração incipiente.

Tanto a calcopirite como a pirite da pilha de pré-ustulados apresentam fraturas. Só raramente, os grãos de pirite e calcopirite apresentam sinais de corrosão meteórica, mantendo-se a estriação e a limpidez das superfícies de fratura (Figura 5.12 e Quadro 5.VII).

Uma outra situação é respeitante à observação de tungstite, formada a partir da volframite, e goethite, por alteração da pirite, principalmente (Quadro 5.VII e Figura 5.12, 6). Além do que a figura 5.12, 5 revela a presença de pirrotite, já instabilizada no depósito primário.

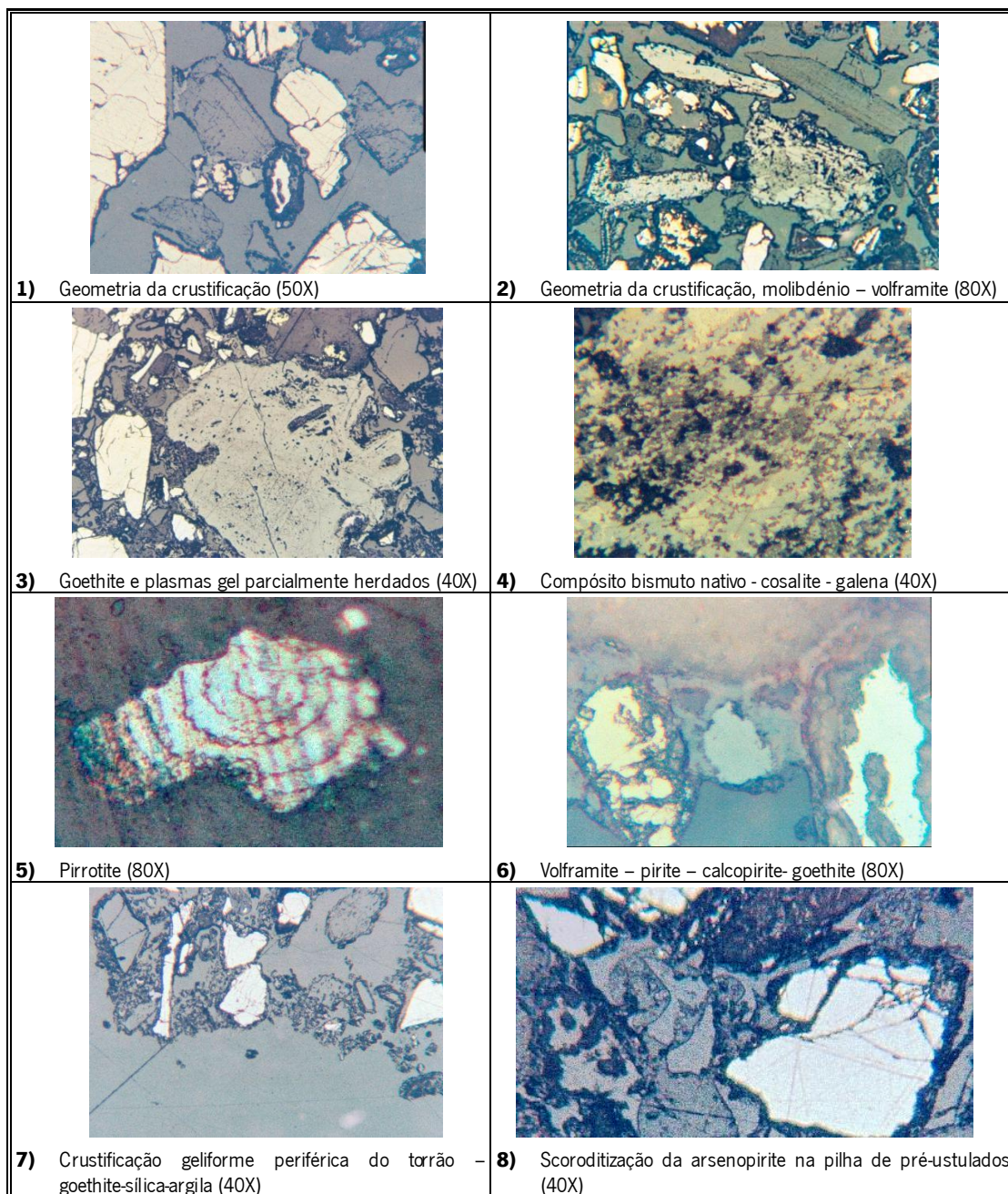


Figura 5.12 – Imagens de lâmina polida (relativa ao torrão de sulfuretos) observadas em microscopia ótica. LR – Luz refletida. Aspetos que ilustram a alteração de associações mineralógicas presentes na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.

III. Análise granulométrica dos resíduos

Para um estudo mais pormenorizado das dimensões dos resíduos, retiraram-se amostras de dois tipos de material da pilha de pré-ustulados, um mais grosseiro (**Carris Pilha de Pré-ustulação**, material **Grosseiro** - CP_{PUG}) e outro mais fino (**Carris Pilha de Pré-ustulação**, material **Fino** - CP_{PUF}). Tais amostras correspondem a materiais com aspetos macroscópicos distintos, não só pelo

tamanho dos grãos mas também em termos de cor, presença de pátinas e estado de oxidação aparente.

A amostra CP_{PUF} apresenta uma tonalidade escura enquanto a amostra CP_{PUG} possui uma tonalidade clara, tal facto dever-se-á a uma maior superfície específica e, consequentemente, maior oxidação apresentada pelos grãos referentes à amostra CP_{PUF}.

A análise granulométrica (SediGraf e série de crivos) conduziu aos resultados constantes do quadro 5. VIII e dos gráficos da figura 5.13. A observação da figura 5.13 permite concluir que a fração <0.063 µm é superior em CP_{PUF} comparativamente com o que se observa em CP_{PUG}.

A presente análise está de acordo com os resultados descritos por Valente (2004), uma vez que a granulometria dos estéreis acumulados na pilha de pré-ustulados pode ser caracterizada como predominantemente grosseira.

As curvas cumulativas comprovam a escassez de finos e os gráficos de barras demonstram uma grande quantidade de grãos de dimensão grosseira, como se pode observar pelo peso de cada classe dimensional considerada.

Quadro 5.VIII – Resultados da análise granulométrica das amostras de estéreis recolhidos na pilha de pré-ustulados de Salto do Lobo - CP_{PUG} (Carris Pilha de Pré-ustulação, material grosseiro) e CP_{PUF} (Carris Pilha de Pré-ustulação, material fino).

Diâmetro da partícula		Referência da amostra	
mm	φ	CP _{PUF}	CP _{PUG}
8	-3	7,14	13,31
5,66	-2,5008	2,63	11,35
4	-2	1,37	12,16
2,83	-1,5008	1,59	9,25
2	-1	3,8	9,9
1,41	-0,4957	14,51	8,14
1	0	12,53	6,51
0,707	0,500218	11,66	5,16
0,5	1	12,35	3,11
0,354	1,498179	10,03	3,2
0,25	2	6,74	2,53
0,177	2,498179	4,39	1,68
0,125	3	3,32	1,14
0,088	3,506353	2,21	0,81
0,063	4,011588	4,24	1,27

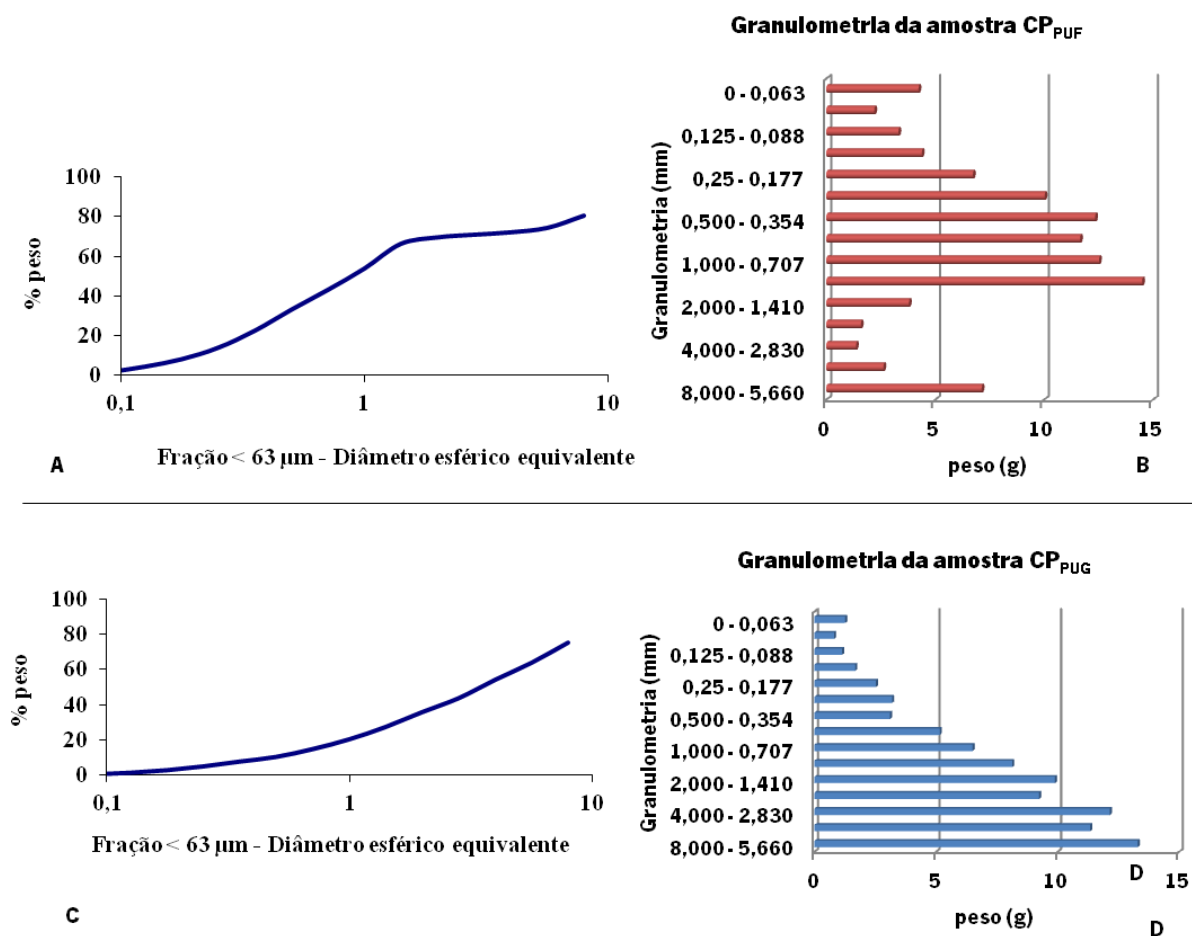


Figura 5.13 – Curva granulométrica e gráfico de barras referentes às amostras de estêreis recolhidos na pilha de pré-ustulados de Salto do Lobo - CP_{PUF} (A e B, respetivamente) CP_{PUG} (C e D, respetivamente).

IV. Balanço geoquímico qualitativo

Do estudo das amostras recolhidas em Salto do Lobo deduz-se que a composição primordial dos resíduos depende das fácies litológicas graníticas e venulações associadas, uma vez que estas possuem sulfuretos. As maiores acumulações dizem respeito a material do tipo “*tout-venant*” e não existem importantes acumulações seletivas de sulfuretos.

• Paragéneses Primárias

Em amostra de mão, o granito dos Carris (Figura 5.8) não enrubescido apresenta características que indiciam a alteração de determinados minerais: aspeto fresco ou friável da amostra, presença de indícios de ferruginização e existência de películas formadas pela alteração superficial de certos minerais como resultado da oxidação. Estas pátinas de superfície, conjuntamente com os outros aspetos mencionados, justificam, em parte, a preservação de algumas associações mineralógicas. Pelo estudo das superfícies polidas percebe-se que a pirite não se encontra muito alterada.

- **Paragéneses Secundárias**

É escassa a neoformação de goethite, scorodite e jarosite. Como a pirite é um dos minerais com maior potencial reativo procedeu-se ao seu estudo de forma mais pormenorizada.

Em lupa binocular e ao MOLR percebe-se que o padrão de alterabilidade é algo distinto quando se consideram grãos não agregados e os torrões.

A aglutinação explica-se por um fenómeno de crustificação por neoformação supergénica de goethite e scorodite (Figura 5.12 - 1, 2, 3, 7). Do ponto de vista da composição modal constata-se que as zonas crustificadas têm mais pirite e minerais de neoformação.

A lixiviação de óxidos de ferro que se observa na pilha de pré-ustulados está, mais possivelmente, relacionada com os grãos não coalescentes, ou seja, sem a substância aglutinante.

C. Evolução geoquímica, mineralógica e indicadores ecológicos

A evolução dos resíduos gera, normalmente, neoformações mineralógicas supergénicas, as quais também refletem a paragéneses do material primitivo de diferentes modos (Valente e Leal Gomes, 2009).

Em Salto do Lobo observam-se indicadores mineralógicos desta evolução, mas também indicadores ecológicos, relacionados com a presença de organismos acidófilos (Figura 5.14).



Figura 5.14 – Indicadores mineralógicos e ecológicos presentes no efluente com drenagem, junto à pilha de pré-ustulados em Salto do Lobo (Carris). **A** – Substrato ferruginoso, ferruginização; **B** – Argilização e crustificação - película sobrenadante; **C** – *Klebsormidium* sp..

O modo de ocorrência destes indicadores de evolução supergénica encontra-se descrito no quadro 5.IX. Salienta-se o facto de a salinização ter pouca expressão macroscópica, comparativamente com os outros fenómenos, aspeto que já tinha sido detetado por Valente (2004). No entanto, a existência de sais solúveis foi comprovada pela análise de resíduos em MEV.

Quadro 5.IX – Modo de ocorrência de cada fenómeno de evolução supergénica observado na pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo.

Fenómeno de evolução supergénica	Descrição
<u>Ferruginização</u>	Precipitação de diversos óxidos-hidróxidos de ferro resultando, consequentemente, na cromatização ferruginosa da escombreira e na alternância de ocre amarelos, castanhos e avermelhados devido, especialmente, à alteração dos minerais primários da classe dos sulfuretos que a origina.
<u>Crustificação</u>	Surge dado o estado evoluído de agregação dos estéreis, pelo que se originam massas com diferentes graus de dureza e de coesão, nas quais minerais herdados do depósito e neoformações mineralógicas da escombreira são aglutinados.
<u>Salinização</u>	Aparece devido à evaporação e corresponde a uma fração salina solúvel, particularmente constituída por sulfatos (observáveis em MEV).

De acordo com Valente (2004; 2009), a argilização, ferruginização e crustificação correspondem predominantemente a condições ou a microambientes de lixiviação. A pluviosidade é um parâmetro climático crítico, que proporciona a água necessária para deslocar o equilíbrio das reações. Por sua vez, a salinização desenvolve-se em microambientes fortemente afetados pela evaporação. Esta determina o movimento ascensional dos fluídos e a saturação das soluções lixiviantes, a partir das quais se dá a precipitação salina.

As amostras de escombros da pilha de pré-ustulados, anteriormente designadas por CP_{PUG} e CP_{PUF}, foram também estudadas no sentido de efetuar a sua caracterização química e avaliar o potencial de geração de acidez. Os resultados são os apresentados no quadro 5.X.

Quadro 5.X – Análise química de estéreis presentes na pilha de pré-ustulados, pH da pasta e condutividade elétrica (CE).

Análise Química	Cd ppm	Cu ppm	Mn ppm	Mo ppm	Na %	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	Al %	Bi ppm	Ca %	Co ppm	Fe %	K %	Mg %	S %	pH pasta	CE μS/cm
CP _{PUF}	18,9	2200	570	9480	1,19	6	3000	503	3,02	4420	0,26	1	2,86	2,49	0,06	2,03	2,93	1222
CP _{PUG}	145	>10000	886	3610	0,2	31	>5000	3680	0,45	12800	0,29	59	27,2	0,65	0,01	>20,0	2,54	2243

A composição química destas amostras revela a predominância do ferro. Como se pode verificar no quadro 5.X, predominam os elementos químicos como Mo, Cu, Pb e Bi (em ppm) e Al e Fe (em percentagem).

De uma maneira geral, a amostra CP_{PUG} revela maior potencial contaminante, o que é demonstrado pelas concentrações mais elevadas de metais, assim como pela maior condutividade e menor pH.

A figura 5.15 corresponde ao difractograma da amostra CP_{PUG}. Para além da presença de quartzo e micas, a análise mineralógica indica a presença do hidroxissulfato jarosite, mineral tipicamente associado à alteração da pirite.

O difractograma indica, ainda, a presença de pirite (sulfureto), ferberite e arsenopitite. Não se identifica goethite.

Relativamente à amostra CP_{PUF} somente se observam os picos do quartzo.

Sabendo que os indicadores mineralógicos e os físico-químicos apresentam uma estreita relação com os indicadores ecológicos enumeram-se alguns desses indicadores, como contributo para a avaliação do potencial de geração de águas de drenagem ácida e, também, para a avaliação do impacto ambiental: elevada acidez – pH <4, elevada concentração de metais (ex: Fe, Al), elevada concentração de sulfato e baixa concentração de nutrientes (ex: C, N, P).

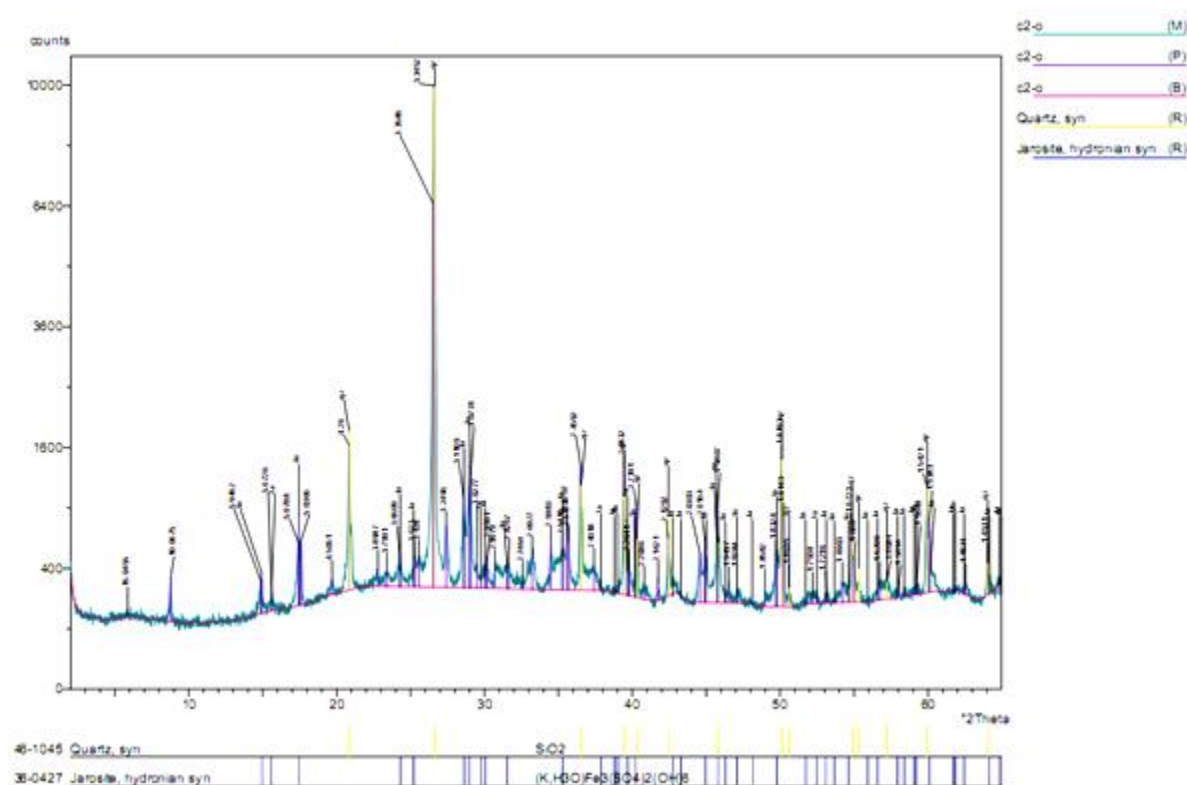


Figura 5.15 – Difractograma de misturas de produtos ocreos relativo à amostra CP_{PUG}, pilha de pré-ustulados, Salto do Lobo. Apresentam-se os valores de d (Å) dos minerais identificados, extraídos do arquivo do ICDD (International Center for Diffraction Data).

Os organismos acidófilos possuem limites ótimos de crescimento em condições ácidas. Por esta razão são bons marcadores da contaminação gerada pelos efluentes.

As algas fotossintéticas são os principais organismos fixadores de carbono nestes ambientes e interferem na mobilidade das espécies químicas.

Foi particularmente estudado o efluente com drenagem junto à pilha de pré-ustulados (C_e), em Salto do Lobo, já que somente neste efluente foi observável um único género de alga com expressão macroscópica. Está ausente não só nas águas que caracterizam o fundo regional como também em todos os outros locais analisados.

Trata-se de uma alga Chlorophyta, do Género - *Klebsormidium* sp.. Foi detetada em local pouco profundo, com água corrente e fixa a um substrato ferruginoso associado ao escombro (Figura 5.14 c). Caracteriza-se por ter crescimento filamentoso, com filamentos finos, não ramificados e, geralmente, direitos. Possui um cloroplasto discoide em cada célula e morfológicamente apresenta-se em forma de “joelho”, sendo esta propriedade identificadora de tal género (Figura 5.16).

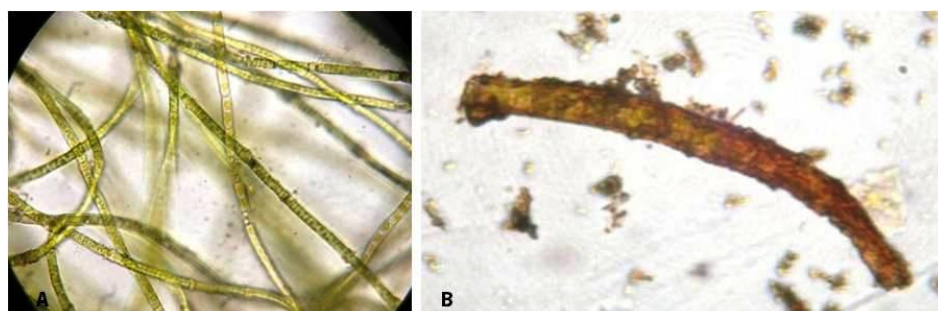


Figura 5.16 – Imagem microscópica das algas identificadas no efluente com drenagem junto à pilha de pré-ustulados. **A** - Aglomerado de *Klebsormidium* sp (ampliação 180x) evidenciando zonas com depósito ferruginoso; **B** - Filamento ferruginizado (ampliação 440x).

Na campanha de amostragem efetuada em 2 de março de 2011 esta alga foi detetada em abundância, possivelmente devido ao degelo, já que em outras estações do ano a sua presença não foi observada.

O facto de somente ter sido detetada a presença de *Klebsormidium* sp. junto à pilha de pré-ustulados justifica-se pela sua preferência por águas poluídas, com concentrações elevadas de sulfato e pH inferior a 4.5.

Alguns dos seus filamentos apresentavam-se, abundantemente, cobertos pelo depósito de produtos ocreos. A taxa de cobertura do leito situava-se entre os 25% e os 50%.

Entre os fatores que limitam a proliferação das algas, contam-se:

- Hidrologia e Topografia - influenciam as condições de escoamento, a temperatura, a exposição à luz solar e a estabilidade física dos substratos; sendo que, o relevo acidentado dificulta a fixação de *Klebsormidium* sp..
- Composição química do efluente - a condutividade (cerca de 500-2000) e o sulfato (180-1200) com valores elevados.

D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras

Os trabalhos de exploração em Salto do Lobo originaram locais de apoio que exercem, presentemente, impacto sobre o ambiente (Figura 5.17).

Infraestrutura	Caracterização
<p><u>Entrada principal da mina</u></p> 	<p>Alguns metros após o local do edifício de afinagem, pode observar-se a entrada para a principal mina existente nos Carris, na concessão do Salto do Lobo. Tal entrada acabou por colapsar há alguns anos devido ao efeito das chuvas sobre os suportes em madeira. Porém ainda é possível ter acesso ao interior da mina, dado que esse aluimento acabou por criar uma nova abertura. No entanto, também esta é muito instável e deverá colapsar brevemente.</p> <p>Coordenadas: 41° 48' 33.17" N - 08° 02' 33.89" O; Altitude: 1386 m</p>
<p><u>Entrada de galeria</u></p> 	<p>A – Galeria localizada do lado esquerdo da rampa que dá acesso à “zona industrial” dos Carris, encontra-se completamente inundada. Apresenta diversas fissuras/fendas pelas quais atravessa a água, podendo constituir um indicador de uma instabilidade do local.</p> <p>Coordenadas: 41° 48' 39.75" N - 08° 02' 37.87" O; Altitude: 1384 m.</p> <p>B – Pequena prospeção localizada no topo do “Penedo da Saudade” cuja finalidade era tomar a direção do filão “Salto do Lobo” e encontrar o volfrâmio. Localiza-se junto ao marco geodésico dos Carris de altitude 1507 m.</p>
<p><u>Zonas de colapsos de galerias</u></p> 	<p>Por toda a área correspondente a Salto do Lobo são diversas as zonas de colapso de galerias, provocando mudanças morfológicas visíveis e afetando os terrenos, como consequência dos seus aluimentos ou das suas cavidades. Podem observar-se, como exemplos: próximo do edifício de afinagem (A), junto ao poço (B) ou na direção do filão “Salto do Lobo” (C). A - Coordenadas: 41° 48' 39" N - 08° 02' 36" O; Altitude: 1400 m; B - Coordenadas: 41° 48' 27" N - 08° 02' 38"; Altitude: 1409 m; C - Coordenadas: 41° 48' 25" N - 08° 02' 38" O; Altitude: 1407 m.</p>
<p><u>Poco</u></p> 	<p>Embora tivessem sido construídos, ao longo do tempo, poços que permitiam o acesso à mina, atualmente quase todos se encontram atolhados de detritos. No entanto, um deles é, ainda, possível identificar-se, representando um dos maiores perigos existentes naquele local, uma vez que se encontra a céu aberto e sem qualquer tipo de proteção que evite uma queda de mais de 70 metros, ao visitante desprevenido. As duas colunas seriam o suporte de um elevador da concessão e à medida que o tempo passa a sua base vai-se tornando cada vez mais reduzida, podendo vir a colapsar.</p> <p>Coordenadas: 41° 48' 27" N - 08° 02' 38"; Altitude: 1409 m.</p>
<p><u>Canal de água</u></p> 	<p>Canal de controlo do bombeamento de água localizado junto à escombreira próxima do edifício de afinagem,</p> <p>Coordenadas: 41° 48' 38.28" N - 08° 02' 35.48" O; Altitude: 1402 m.</p>

Figura 5.17 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco, em Salto do Lobo, Carris.

Desta forma, na figura 5.17 encontram-se assinalados alguns exemplos de depreciação de qualidade ambiental, bem como de condições de insegurança, a saber: entrada principal para a mina, entrada de galeria, zonas de colapso de galerias, poço em ruína e edifícios mineiros degradados (os quais se encontram em destaque no capítulo 4). Muitos deles com pouco valor estético ou arquitetónico, mas que constituem os principais focos de depreciação, no âmbito da segurança e da qualidade da paisagem.

5.1.1.2. Local de Corga das Negras

Dos três locais constituintes do espaço mineiro Carris, Corga das Negras é o que apresenta menor área de acumulação de resíduos resultante da atividade extrativa.

Neste local verifica-se um sentido de deslocamento das partículas sólidas diferente, ou seja, a escorrência dos resíduos processa-se no sentido da Ribeira das Negras.

A. Condições de acumulação dos resíduos

As pilhas com material de escombros existentes em Corga das Negras localizam-se em duas zonas principais: uma próxima da represa dos Carris e outra circunscrita à Ribeira das Negras (Figura 5.18).

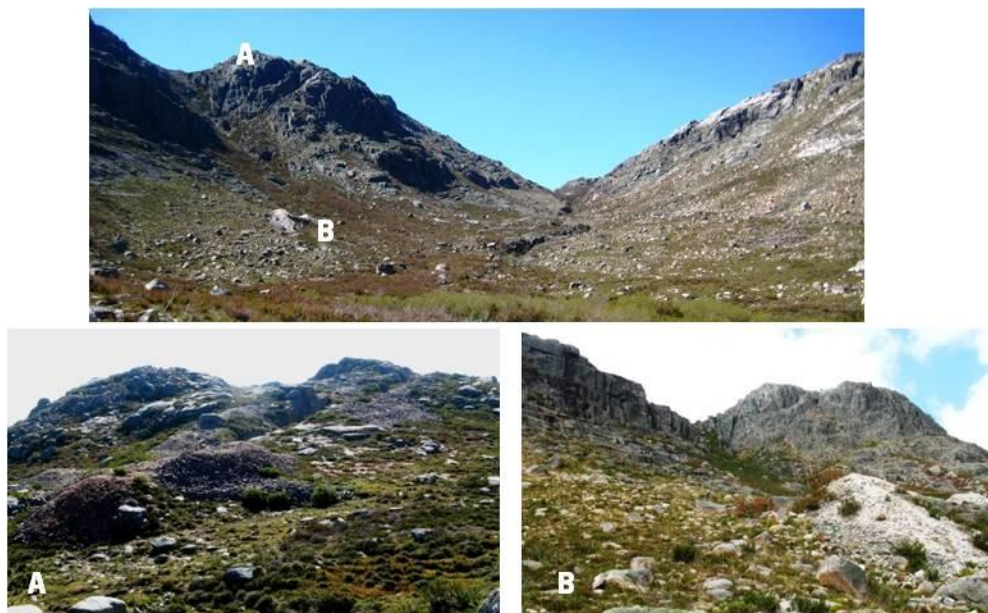


Figura 5.18 – Localização das escombrelas em Corga das Negras, espaço mineiro Carris. **A** - Próximo da represa dos Carris; **B** - Zona da Garganta das Negras.

No local observam-se, essencialmente, fragmentos grosseiros e irregulares para além de blocos, também de formas irregulares e com tamanho grosseiro, de fácies graníticas.

As escombreiras são de reduzidas dimensões/área e encontram-se, essencialmente, dispersas na vertente que inclina no sentido da Ribeira das Negras, tendo os seus estéreis uma escorrência superficial e um deslocamento no sentido da ribeira.

B. Propriedades gerais dos resíduos

A granulometria dos estéreis existentes neste local foi estudada por Valente *et al.* (2000), constatando-se a reduzida proporção de finos comparativamente com o local Salto do Lobo.

C. Evolução geoquímica e mineralógica

Atualmente, e tal como descrito em Valente *et al.* (2000) e em Valente (2004), as propriedades dos resíduos não sofreram modificação significativa na medida em que não se verificam indícios de evolução geoquímica relevante, contribuindo para isso a granularidade grosseira e a abundância de material granítico, aproximadamente, inerte.

Do mesmo modo, não se deteta a formação de soluções lixiviantes ácidas e os fragmentos de estéril estão relativamente preservados.

A evolução observada parece tender no sentido da argilização.

D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas

Relativamente à presença de focos de insegurança indicam-se: represa dos Carris e galeria designada de “saída de emergência da Mina dos Carris”, sendo ainda possível observar a presença de cortas extensas (Figura 5.19).

Infraestrutura	Caracterização
<u>Saída de emergência da mina</u> 	A designada “saída de emergência da mina dos Carris” é uma entrada para as galerias da concessão da Corga das Negras nº1, sendo a única com uma proteção que lhe impede o acesso. Coordenadas: 41° 48' 49.73" N - 08° 02' 29.41" O Altitude: 1292 m
<u>Represa dos Carris</u> 	A represa dos Carris constitui uma infraestrutura de insegurança local dado o registo de mortes para o qual contribui a temperatura da água e/ou formação de gelo. Coordenadas: 41° 48' 53.00" N - 08° 02' 42.08" O Altitude: 1462 m

Figura 5.19 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco, em Corga das Negras.

5.1.1.3. Local de Lamalonga

Se nos locais Salto do Lobo e Corga das Negras são bem visíveis os trabalhos de exploração mineira, quer no subsolo quer à superfície, o mesmo já não acontece para o caso da Corga de Lamalonga.

Numa primeira observação não se reconhece qualquer tipo de trabalho mineiro, possivelmente por que a exploração se centrou numa fase posterior nos aluviões existentes na corga.

A. Condições de acumulação dos resíduos

Apesar de uma das concessões mineiras existentes nos Carris se referir à Corga de Lamalonga, a exploração neste local limitou-se à extração do volfrâmio existente nos aluviões. Este foi sempre um trabalho a céu aberto, pelo que a Corga de Lamalonga está, atualmente, coberta, principalmente, de resíduos resultantes da exploração em Salto do Lobo. Consequentemente, no local em estudo, as infraestruturas mineiras com maior significado são as acumulações de resíduos (Figura 5.20).



Figura 5.20 – A – Acumulação de resíduos provenientes da lavaria, em Salto do Lobo, até à Corga de Lamalonga; **B** – Pormenor da acumulação de resíduos junto à lavaria. **C** – Vista parorâmica da área de dispersão de estêreis em Lamalonga.

Tais acumulações são resultado não só do consequente deslocamento de estéreis, mas também do colapso das barragens de retenção construídas a jusante da lavaria. Estabeleceu-se, assim, a alteração paisagística mais expressiva desencadeada pela atividade mineira na área dos Carris.

Ao longo da Corga de Lamalonga encontra-se o que pode designar-se de escombreira principal do espaço mineiro dos Carris. Esta é notável por dois motivos:

- i. pela grande área ocupada e ausência quase total de vegetação, apesar dos seus quase 50 anos de idade, em contraste com o que é verificável nas outras escombreiras;
- ii. pela existência, também incomum nesta região mineira, de uma grande planície em contraste com os ravinamentos muito profundos.

B. Propriedades gerais dos resíduos

A caracterização pormenorizada da granulometria dos estéreis em Lamalonga, efetuada em Valente *et al.* (2000) e Valente (2004), evidenciam o caráter grosseiro dos resíduos, com escassa percentagem de finos (Figura 5.21).

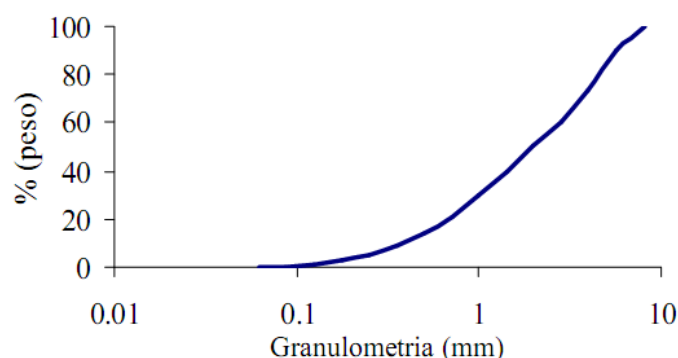


Figura 5.21 – Granulometria dos estéreis existentes nas escombreiras em Lamalonga (extraído de Valente, 2004).

C. Evolução geológica e revegetação das escombreiras

Na figura 5.22 constam imagens da área ocupada pelo escombro num período de tempo compreendido entre 1965 e 2007. As imagens referentes aos anos de 1965, 1983 e 1994 foram pormenorizadamente analisadas por Valente *et al.* (2000) e Valente (2004). As imagens respeitantes aos anos 1995 e 2007 são tratadas de seguida, juntamente com uma comparação entre todas as imagens. Em conjunto, servem de base a interpretações acerca do comportamento da dispersão dos estéreis, mais concretamente acerca do deslocamento e da retenção das acumulações, contempladas na figura 5.23. Sendo, ainda, possível determinar a zonografia do equilíbrio meta-estável atual (Figura 5.24).



Figura 5.22 – Fotografias aéreas da Corga de Lamalonga – acumulações distais em 1965, 1983, 1994 (extraídas de Valente *et al.*, 2000) e em 1995 e 2007 (fonte PNPG, 2011). Escala 1: 15 000.

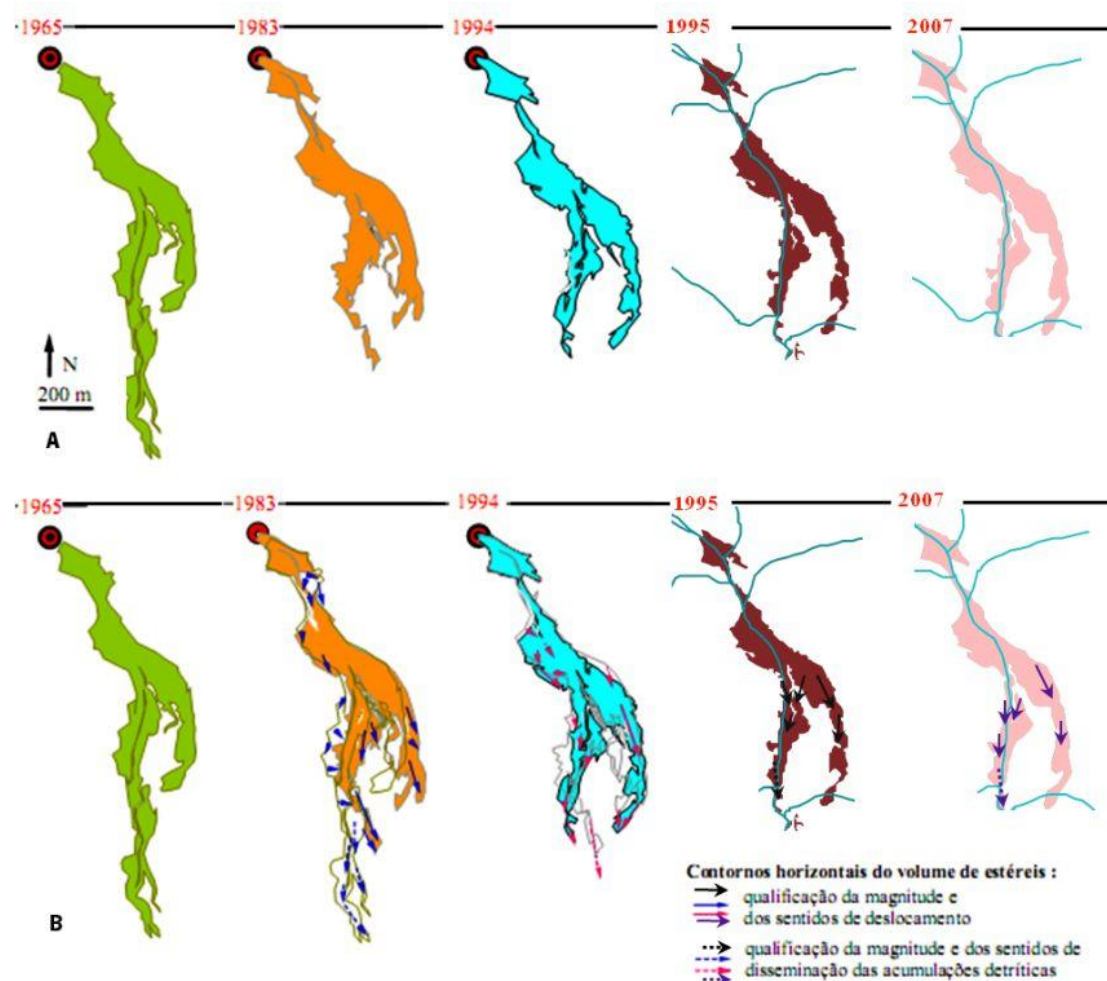


Figura 5.23 – Fotointerpretação das acumulações distais da Corga de Lamalonga. **A** - Geometria das áreas de estéril descoberto; **B** - Acumulações distais na Corga de Lamalonga - Evolução temporal da sua dispersão. (Fotointerpretação em 1965, 1983 e 1994 extraídas de Valente *et al.*, 2000); (Fotointerpretação em 2004, 1995 e 2007, fonte PNPG, 2011). Escala 1/15 000.

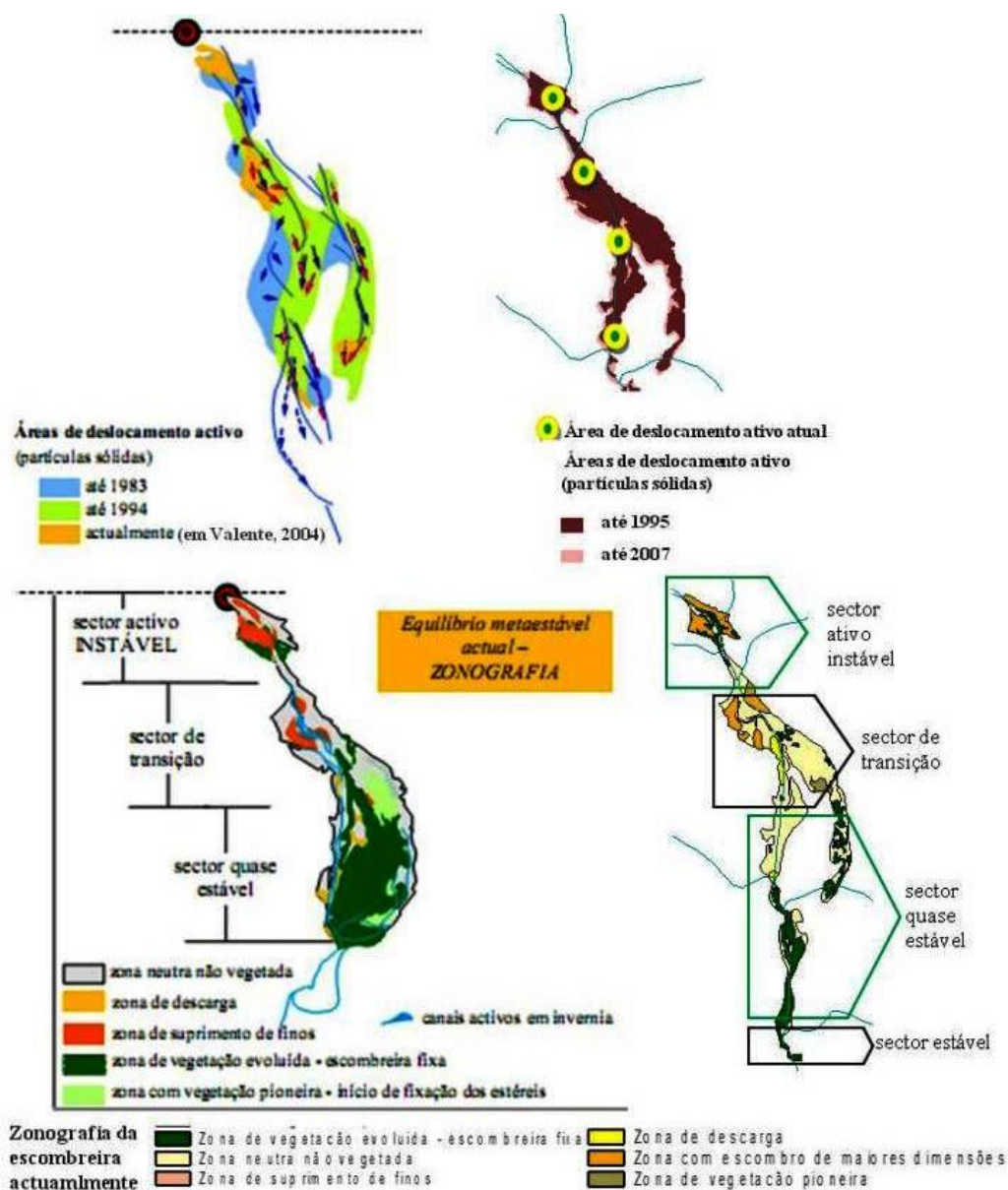


Figura 5.24 – Fotointerpretação das acumulações distais da Corga da Lamalonga. **A** - Área de deslocamento ativo (em Valente *et al.*, 2000 e, atualmente, fonte PNPG, 2011). **B** - Zonografia do equilíbrio metaestável (extraído de Valente *et al.* 2000) e em escombreira, ano 2007 (fonte PNPG, 2011). Escala 1/15 000.

A disposição das pilhas de acumulação de estéreis em Lamalonga, observável na figura 5.22, corresponde às fotografias aéreas do local em diferentes anos. Tais fotografias permitem precepcionar três fases distintas relativas à exploração das minas dos Carris. São elas:

- 1965 – representa uma fase de laboração plena;
- 1983 – representa a fase final de laboração;
- 2007 – representa, aproximadamente, 20 anos de abandono.

Em 1965 a pilha de resíduos era constituída por um nível principal de acumulação, situado abaixo da lavaria de Salto do Lobo e próximo dos tanques de decantação.

A acumulação prosseguiu em condições de despejo livre, estendendo-se para norte, a cotas inferiores, e para este, até ao limite definido pela estrada da mina.

Em 1983 a escombreira tinha uma configuração próxima da final.

Comparando as imagens correspondentes aos anos de 1995 e de 2007 não são detetadas diferenças significativas, facto que comprova a tendência da escombreira para a estabilidade. Atualmente a Corga de Lamalonga encontra-se, ainda, coberta com a escombreira resultante da exploração mineira em Salto do Lobo.

O ecossistema local tende para o equilíbrio com a fixação pela vegetação nativa.

Atendendo à geometria das áreas de estéril descoberto (Figura 5.23), verifica-se que no período compreendido entre 1965 e 2007 as dimensões da área de escombro descoberto se reduziram.

A forma principal da escombreira apresenta contornos que evidenciam contração, possivelmente devido à cessação de atividade e, também, devido à geomorfologia do local, já que contribui para a fraca dispersão de escombro.

A contração das áreas de deslocamento ativo decorre em correlação com o progresso da fixação do escombro, promovido pela colonização vegetal, tal como foi descrito por Valente (2004).

Comparando a zonografia de 2007 com a dos restantes anos constata-se a existência de uma maior área ocupada por vegetação fixa (Figura 5.25): matos montanos e vegetação pioneira perene do piso montano, mosaicos agroflorestais ricos em lameiros, complexos higróturfosos, turfeiras e vegetação hidrófila e higrófila (cervunais, matos) associada (fonte, PNPG 2011).

Os matos contemplam espécies como *Ulex* sp. e algumas espécies de urze (*Erica* sp.). Esta vegetação ribeirinha é importante pela sua variedade, mas também por estabilizar as margens dos cursos de água.



Figura 5.25 - Vegetação existente na Corga de Lamalonga, essencialmente, matos e vegetação ribeirinha.

Existem, ainda, pequenos nichos de juncos em locais onde a drenagem é fraca, favorecendo a persistência de água e a acumulação de sedimentos. Nestas condições desenvolvem-se ambientes de tipo alagadiço em que o solo está coberto por briófitas. Também se observam algas e musgos.

D. Avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras

Embora no local Lamalonga não se encontrem infraestruturas que possam ser analisadas em termos de depreciação de qualidade ambiental, é de referir contudo que a lavaria, observável da Corga de Lamalonga, constitui um perigo de segurança, dado o seu estado ruinoso, para além de contribuir para a desvalorização paisagística – impacte ambiental paisagístico.

Por outro lado, e para o mesmo tipo de impacte, contribui a elevada quantidade de estéreis, a qual contrasta com o ambiente natural envolvente (Figura 5.26).



Figura 5.26 – Avaliação de resíduos em Corga de Lamalonga. Contraste entre o excesso de carga sólida artificial e o meio envolvente.

5.1.2. Espaço mineiro Las Sombras

Apesar de apresentar pequenas dimensões, possivelmente pelo facto da exploração de volfrâmio ter sido de carácter intermitente, formaram-se, aqui, três pilhas de resíduos (Figura 5.27) - aqui designadas de escombreiras - de dimensões consideráveis, tal como apresentado no quadro 5.1.



Figura 5.27 – Localização geográfica do espaço mineiro Las Sombras.

Atendendo à cartografia do espaço mineiro Las Sombras, figura 5.28, duas das escombreiras (escombreira I e II) apresentam-se próximas das instalações mineiras. Mais afastada destas situa-se

a designada escombreira III, que se encontra próxima do rio Amoreira. Todo este conjunto, também cartografado, consta da figura 5.29.

De um modo geral, os resíduos são de natureza variada e a dispersão de estéreis é reduzida. Têm características muito semelhantes, pelo que se apresenta somente o estudo pormenorizado da escombreira III, por ser aquela que está mais próxima do sistema fluvial

A caracterização do espaço mineiro faz-se atendendo aos aspetos citados na figura 5.1.

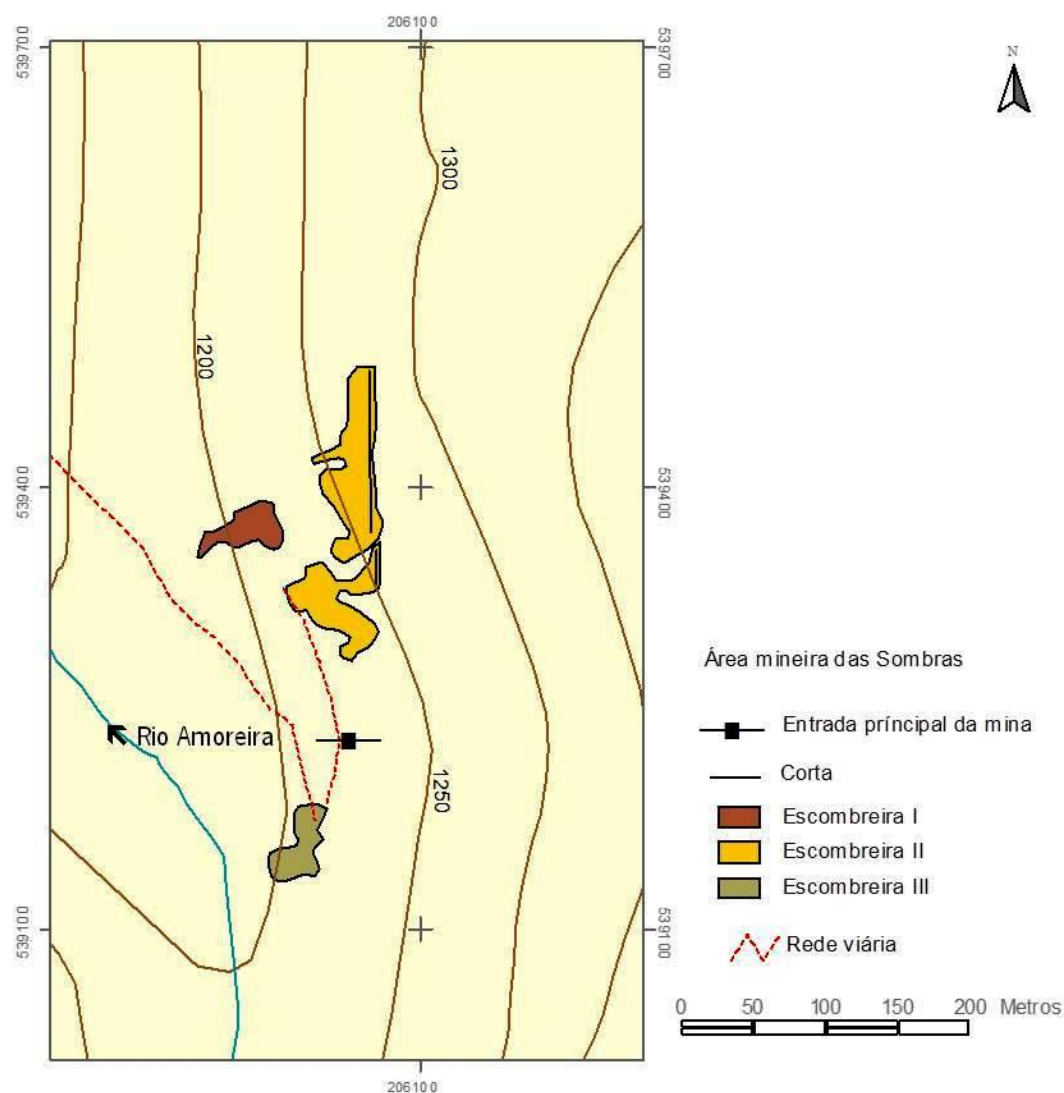


Figura 5.28 – Organização geográfica do espaço mineiro Las Sombras com indicação dos principais locais de acumulação de escombros (Escombreira I, Escombreira II e Escombreira III). Coordenadas UTM fuso 29-elipsoide internacional – DATUM Europeu (fonte PNPg, 2001).

A. Condições de acumulação dos resíduos

A acumulação sucessiva de resíduos teve origem em regime de despejo livre, tal como se verifica na figura 5.29.



Figura 5.29 – Acumulações de resíduos em Las Sombras. **A** - Escombreira III, **B** - Escombreira II e **C** – Escombreira I.

B. Propriedades gerais dos resíduos

No respeitante à composição mineralógica dos resíduos, as amostras recolhidas nas diferentes escombreiras indicam a presença de óxidos de ferro, minérios (volframite e scheelite), sulfuretos (molibdenite e pirite) e, em maior quantidade, quartzo, feldspato e micas.

Predominam os resíduos de maior granulometria, maioritariamente de natureza granítica, com minerais silicatados (quartzo, feldspatos e micas).

Contrariamente ao verificado no espaço mineiro Carris não se observam resíduos finos enriquecidos em sulfuretos, possivelmente devido à inexistência de instalações que permitissem a beneficiação. Com o objetivo de caracterizar a paragénese primária, examinaram-se variadas amostras de fragmentos de “*tout-venant*” que persistem nas escombreiras (Quadro 5.XI). Da sua observação conclui-se que a alteração, após a extração, é incipiente e os sulfuretos são escassos. Isto é, predominam os minerais inertes face aos sulfuretos.

I. Análise granulométrica dos resíduos

Em Las Sombras recolheram-se resíduos no interior da galeria cartografada na figura 5.28 (com designação “Entrada principal da mina”). A análise granulométrica (SediGraf, coluna de crivos) conduziu aos resultados constantes do quadro 5.XI e gráficos da figura 5.31.

Quadro 5.XI – Resultados da análise granulométrica de uma amostra de estêreis recolhida na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras.

Diâmetro da partícula		Referência da amostra
mm	Ø	S
8	-3	17,46
5,66	-2,5008	13,82
4	-2	16,54
2,83	-1,5008	14,72
2	-1	11,89
1,41	-0,4957	8,69
1	0	6,32
0,707	0,500218	4,28
0,5	1	1,94
0,354	1,498179	1,52
0,25	2	0,98
0,177	2,498179	0,68
0,125	3	0,55
0,088	3,506353	0,47
0,063	4,011588	1,13

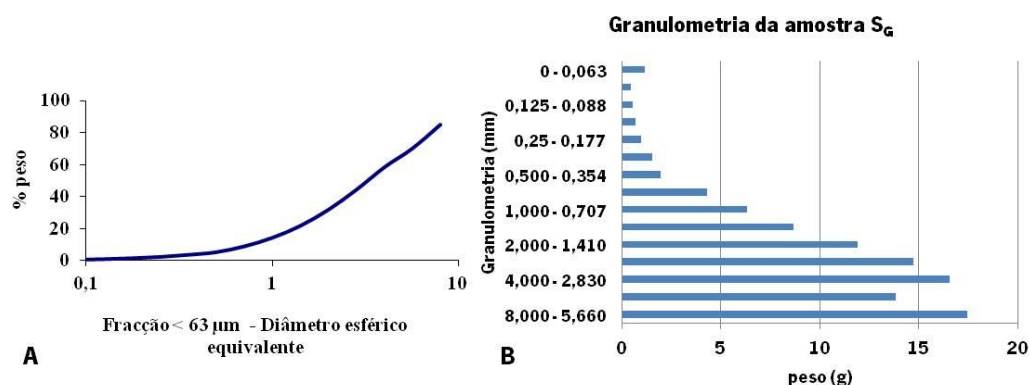


Figura 5.30 – Curva granulométrica e gráfico de barras referentes à amostra de estêreis recolhidos na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras.

A análise das curvas granulométricas presentes nos gráficos da figura 5.30 permite concluir que a fração <0.063 µm é muito reduzida. Os resultados indicam que a granulometria dos estêreis acumulados no interior da entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras pode ser caracterizada como predominantemente grosseira.

II. Mineralogia e geoquímica

A difração de raios-x da amostra de rocha total de resíduos finos, do interior da galeria principal do espaço mineiro Las sombras, revela a presença de quartzo, feldspato, e micas. Identifica-se ainda scheelite e não foi observada pirite. A composição química desta amostra consta no quadro 5.XII.

Quadro 5.XII – Análise química de estéreis presentes na entrada de galeria do espaço mineiro Las Sombras, pH da pasta e condutividade elétrica (CE).

Análise Química	Cd ppm	Cu ppm	Mn ppm	Mo ppm	Na %	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	Al %	Bi ppm	Ca %	Co ppm	Fe %	K %	Mg %	S %	pH pasta	CE μS/cm
CP _{PUF}	0,6	31	483	188	1,74	1	158	125	4,2	155	0,15	< 1	1,11	3,15	0,13	0,01	4,78	80,8

Segundo a metodologia referida para os acumulados – onde se amostraram lamas – refere-se que o pH de 4,78, apesar de se situar na gama ácida, é consideravelmente superior ao obtido nas amostras dos Carris (pH <3). De uma maneira geral, os teores de metais e a condutividade elétrica são também reveladores de menor potencial contaminante.

C. Evolução geoquímica e mineralógica

Na figura 5.31 ilustram-se as aéreas onde se acumulam os volumes principais de estéreis.

A área ocupada pelo escombro, num período de tempo compreendido entre 1995 e 2007, serve de base à interpretação do comportamento da dispersão dos estéreis, no que respeita ao deslocamento e retenção das acumulações (Figura 5.32).



Figura 5.31 – Fotografias aéreas das escombreiras do espaço mineiro Las Sombras – acumulações distais em 1995 e 2007. Escala 1: 15 000 (fonte PNPg, 2011).

As imagens referentes aos anos de 1995 e de 2007 comprovam a alteração reduzida apresentada pelas escombreiras. Comparando as imagens relativas aos anos de 1995 e de 2007, e atendendo à geometria das áreas de estéril descoberto (Figura 5.32 B), verifica-se que ocorreu dispersão de

escombro, a qual não afetou diretamente a linha de água que se encontra próxima do espaço mineiro, em concreto o rio Amoreira.

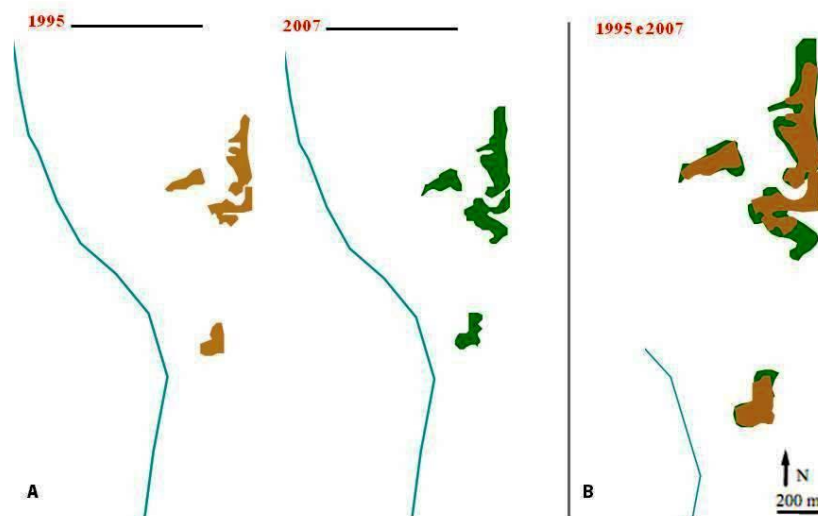


Figura 5.32 – Fotointerpretação das acumulações distais no espaço mineiro Las Sombras. **A** – Geometria das áreas de estéril a descoberto; **B** - Zonografia do equilíbrio metaestável atual. Projeção de Gauss-Kruger, Elipsoide Hayford, Datum de Lisboa (fonte PNPG, 2011).

D - Avaliação do estado de degradação das infraestruturas mineiras

O espaço mineiro em estudo possui infraestruturas mineiras em estado de ruína, as quais se localizam numa das escarpas que se encontra dominada por vegetação rasteira, nomeadamente, urze e giesta. Tais infraestruturas apresentam sinais de degradação, pelo que se enumeram alguns edifícios de apoio à lavra mineira (analisados no capítulo 4) e a boca de galeria principal (Figura 5.33).

Infraestrutura	Caracterização
<p>Boca de galeria</p> 	<p>A única boca de galeria visível no espaço mineiro Las Sombras não apresenta uma proteção que lhe impeça o acesso ou uma indicação do perigo que lhe está associado. Risco de aluimento.</p> <p>Coordenadas: 41° 49' 22.67" N 08° 03' 33.76" O</p> <p>Altitude: 1220 m</p>
<p>Edifício de apoio à lavra mineira – armazém</p> 	<p>O edifício de apoio ao pessoal das minas não apresenta uma proteção que lhe impede o acesso ou uma indicação do perigo que lhe está associado. Risco de aluimento.</p> <p>Localiza-se junto à boca de galeria principal.</p>

Figura 5.33 – Elementos de depreciação de qualidade ambiental/risco no espaço mineiro Las Sombras.

5.2. Propriedades dos efluentes nos espaços mineiros – Análise comparativa

Na avaliação do impacto ambiental, associado aos espaços mineiros abandonados, a análise dos efluentes é outro dos fatores de relevo, principalmente no que concerne à verificação da existência de fenómenos de drenagem ácida. Desta forma, no presente subcapítulo efetua-se a análise dos efluentes circunscritos aos espaços mineiros Carris e Las Sombras. Consequentemente, o estudo reporta-se ao sistema Carris – Rio Cabril e Las Sombras – Rio Amoreira/Rio Homem, como consta na figura 3.3 (capítulo 3).

5.2.1. Propriedades dos efluentes – Carris

No respeitante à rede hidrográfica envolvente destaca-se, como meio recetor dos efluentes mineiros, o sistema fluvial do rio Cabril.

Os afluentes de carácter torrencial, Corga de Lamalonga e Ribeira das Negras, constituem as principais linhas de água recetoras da drenagem deste espaço mineiro.

No quadro 5.XIII apresentam-se as propriedades dos efluentes, alusivas a parâmetros medidos *in situ* nos diversos locais de amostragem no espaço mineiro Carris, referentes a duas campanhas de amostragem, maio e outubro de 2010.

A título ilustrativo representa-se graficamente a evolução espacial dos valores de pH e de condutividade elétrica, ao longo do sistema estudado (Figura 5.34).

A distribuição destes indicadores de campo sugere as seguintes observações:

- O pH situa-se na gama de valores 4,70 a 6,89 (obtidos na 1ª e na 2ª campanha, respetivamente). O primeiro valor concerne ao efluente mineiro próximo da pilha de pré-ustulados (em Salto do Lobo) enquanto o segundo valor é respeitante ao curso de água mais afastado do foco contaminado, ou seja, próximo da confluência do rio Cabril (representando o fundo regional – FR). A maioria das medições aproxima-se de 6. No entanto, verifica-se a existência de uma medida que se destaca, a qual corresponde a um local de amostragem situado na escombreira (pH 4,70 em C_e, na primeira campanha).
- A CE distribui-se numa estreita gama de valores, entre 49,80 a 11,49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (valores obtidos na campanha de maio), sendo que o fundo regional apresenta medições com valores intermédios ($\cong 22 - 23 \mu\text{S}/\text{cm}$).
- Relativamente ao oxigénio dissolvido, há um conjunto de amostras com valores próximos de 6 mg/L. Genericamente, podem considerar-se amostras oxigenadas, uma vez que a maioria das medições se situa no intervalo típico de solubilidade do oxigénio em águas superficiais.
- O Eh apresenta o valor máximo de 356,6 mV e mínimo de 195,6 mV. De acordo com o esperado, o valor correspondente às condições mais oxidantes foi obtido no efluente mineiro, próximo da pilha de pré-ustulados.

Quadro 5.XIII – Organização geral dos parâmetros de campo: pH, condutividade elétrica (CE), oxigénio dissolvido (O_2) e potencial de oxidação-redução (Eh), obtidos nas campanhas de maio e outubro de 2010 no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem (ver Quadro 2.I), Fundo regional (Fr) = C_{RC} .

L. A.	Maio - pH	Out. - pH	Maio - CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Out. - CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Maio - O_2 (mg/L)	Out. - O_2 (mg/L)	Maio - Eh (mV)
C_{PCN}	5,84	5,96	13,79	14,26	5,65	5,88	201,60
C_{G1}	6,17	5,99	18,57	18,71	7,34	7,65	230,05
C_{G2}	5,50	5,97	17,91	22,07	6,89	8,35	255,60
C_{L1}	6,82	6,66	28,39	22,10	5,56	9,38	195,60
C_{L2}	5,22	5,32	14,37	17,97	3,33	3,11	257,30
C_E	4,70	5,23	49,80	38,60	5,05	5,85	356,60
C_{GN}	6,41	5,96	27,09	22,61	6,54	7,05	232,60
C_{CL}	5,90	5,88	14,49	17,41	4,76	5,88	242,50
C_{SL}	5,60	5,58	16,39	20,46	4,23	5,62	257,10
C_{RP}	6,10	6,14	11,93	11,73	8,31	6,27	228,70
C_{LM1}	6,02	5,96	11,49	12,96	4,86	6,18	249,80
C_{LM2}	6,32	6,19	11,74	15,34	6,41	8,51	225,80
C_{PS}	6,51	6,89	15,37	18,58	5,99	5,39	249,00
C_{PC}	6,53	6,46	13,79	16,43	5,82	10,51	241,80
C_{RC}	6,40	6,42	22,56	23,17	5,27	5,75	255,90
Média	6,02		19,34		6,25		245,33
Mediana	6,04		6,10		6,10		242,50
Desvio padrão	0,08		4,46		3,53		36,23
Máximo	6,89		49,80		10,51		356,60
Mínimo	4,70		11,49		3,11		195,60
Variância	0,006		1892,911		439325,800		1312,346

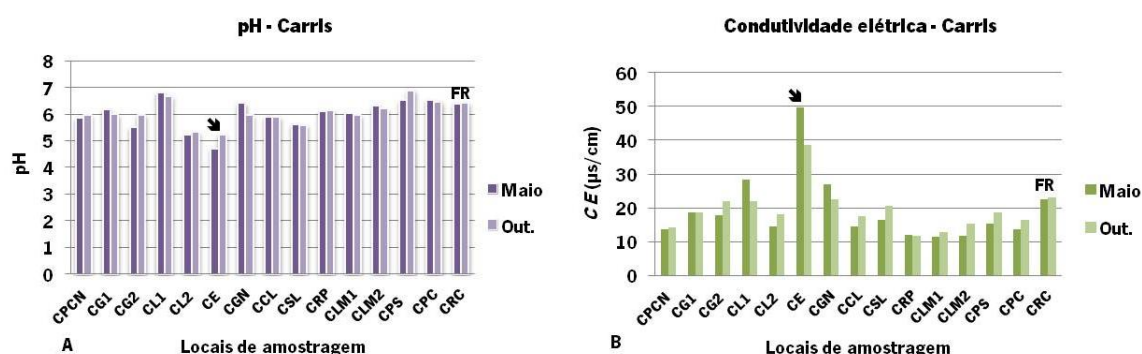


Figura 5.34 – Valores de pH (**A**) e de condutividade elétrica, CE (**B**), correspondentes ao espaço mineiro Carris. FR – Fundo regional.

Em termos de análise sazonal pode referir-se que os parâmetros CE e oxigénio dissolvido apresentaram, de modo geral, valores mais elevados na campanha de outubro. Relativamente ao pH, esta tendência não é clara.

Ao longo do espaço, é de salientar que a amostra C_E (localizada abaixo de uma escombreira e junto à pilha de pré-ustulados, em Salto do Lobo) se destaca por apresentar valores mais baixos de pH e mais altos de condutividade elétrica (Figura 5.34) e de potencial redox.

Como seria de esperar, a temperatura (parâmetro não apresentado em quadro) varia ao longo do dia em locais expostos à luz solar. No interior das galerias a temperatura é da ordem dos 4° na campanha de maio e de 8° na campanha de outubro.

O quadro 5.IV apresenta os valores de alcalinidade total para o conjunto de amostras analisadas.

Todos os locais revelam caráter alcalino, com exceção da amostra correspondente ao local C_E , na campanha de maio. Esta amostra apresenta um caráter distinto, tendo conduzido a um valor de acidez 2,9 mg/L).

Quadro 5.XIV – Dados obtidos a partir da análise da alcalinidade total correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem. * - amostra com acidez total de 2,9 mg/L.

L. A.	Maio – Alcalinidade total (mg/L)	Out. – Alcalinidade total (mg/L)
C_{PCN}	2,14	2,41
C_{G1}	3,72	3,86
C_{G2}	3,30	3,01
C_{L1}	9,39	7,44
C_{L2}	2,01	2,02
C_E	—*	1,43
C_{GN}	4,37	3,51
C_{CL}	2,12	2,00
C_{sL}	2,65	3,26
C_{RP}	2,24	2,41
C_{LM1}	2,85	2,31
C_{LM2}	2,50	2,98
C_{PS}	4,32	3,41
C_{PC}	5,40	2,93
C_{RC}	3,96	4,77
Média	3,28	
Mediana	3,28	
Desvio padrão	0,21	
Máximo	9,39	
Mínimo	1,43	
Variância	1,48	

De uma maneira geral, nas duas campanhas efetuadas obtiveram-se valores baixos de alcalinidade, sendo o mais alto correspondente à amostra C_{LI} , com 9,39 mg/L em maio (baixando para 7,44 mg/L em outubro). O valor mais baixo foi obtido na amostra C_{E1} em outubro, 1,43 mg/L, amostra que se tinha revelado ácida na campanha de maio. Este último parâmetro (acidez) fornece informação suplementar ao pH, uma vez que reflete a contribuição dos metais (principalmente do ferro, alumínio e manganês) para a geração de iões H^+ . O facto da única amostra com carácter ácido se situar no local C_{E1} , vem de encontro às observações anteriores a respeito do pH, CE e Eh . Ou seja, este parâmetro confirma a existência de uma contaminação de natureza ácida em C_{E1} , relacionada com a proximidade aos sulfuretos, na pilha de pré-ustulados.

Os resultados da análise de aniões (fluoreto, cloreto, nitrito, nitrato, brometo, fosfato e sulfato) constam no quadro 5.XV.

Respeitante à componente aniónica das amostras, destacam-se as seguintes observações:

- Na maioria dos locais de amostragem, o cloreto é o anião dominante.
- O sulfato é o anião predominante no local de amostragem C_{E1} nas duas campanhas de amostragem. Apresenta o valor mais alto (27 mg/L) em maio, baixando para os 15 mg/L na campanha de outubro. Os valores mais baixos de sulfato correspondem à amostragem nas lagoas.
- Analisando os restantes aniões, verifica-se que o fluoreto tem o valor mais alto na campanha de maio (0,70 mg/L) em C_{GN} , sendo que a maioria das amostras apresenta valores inferiores a 0,01 mg/L. O fosfato encontra-se abaixo do limite de quantificação, em todas as amostras. Os restantes aniões (brometo, nitrito e nitrato) ocorrem em teores baixos e pouco discriminatórios.
- De um modo geral, os aniões analisados apresentam valores mais elevados na campanha de maio.
- Os aniões sulfato (Figura 5.35), nitrato e cloreto são os que revelam concentrações mais elevadas e em locais próximos de escombreira ou no interior das galerias, dados que contrastam com os obtidos no local de amostragem correspondente ao fundo regional (local de amostragem C_{RC}). Neste, o fluoreto e o sulfato têm expressão insignificante. Nestas águas o cloreto é o anião dominante.

Em suma, a presença de sulfato no efluente (exemplo da amostra C_E) é o resultado mais discriminatório na análise de aniões. Os fenómenos que desencadeiam estes teores mais elevados de SO_4 decorrem da alteração dos minerais em escombreira ou pilha de pré-ustulados. Nestes locais o efluente apresenta características de águas ácidas sulfatadas.

Quadro 5.XV – Organização geral dos aniões analisados nas campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris. L.A – Local de Amostragem.

L. A.	Maio F ⁻ (mg/L)	Out. F ⁻ (mg/L)	Maio Cl ⁻ (mg/L)	Out. Cl ⁻ (mg/L)	Maio NO ₂ ⁻ (mg/L)	Out. NO ₂ ⁻ (mg/L)	Maio Br ⁻ (mg/L)	Out. - Br ⁻ (mg/L)	Maio NO ₃ ⁻ (mg/L)	Out. NO ₃ ⁻ (mg/L)	Maio PO ₄ ⁻ (mg/L)	Out. PO ₄ ⁻ (mg/L)	Maio SO ₄ ⁻ (mg/L)	Out. SO ₄ ⁻ (mg/L)
C _{PCN}	<0,01	0,01	2,2	1,7	0,07	0,07	0,02	0,03	0,20	0,40	< 0,03	< 0,03	0,60	0,60
C _{G1}	0,10	0,06	2,1	1,7	0,07	0,07	0,03	0,03	0,40	0,60	< 0,03	< 0,03	1,30	0,80
C _{G2}	0,07	0,06	1,9	1,9	0,10	0,08	0,02	0,02	0,40	2,60	< 0,03	< 0,03	0,50	0,90
C _{L1}	0,05	0,02	2,3	1,4	0,07	0,07	0,02	0,02	0,06	0,40	< 0,03	< 0,03	0,80	0,40
C _{L2}	<0,01	<0,01	2,4	2,0	<0,01	0,05	0,30	0,02	0,08	0,60	< 0,03	< 0,03	1,10	0,30
C _E	0,50	0,20	2,7	1,9	<0,01	0,20	0,40	0,20	0,70	1,90	< 0,03	< 0,03	27,00	15,00
C _{GN}	0,70	0,20	2,3	1,2	<0,01	0,06	0,20	0,02	0,40	1,10	< 0,03	< 0,03	2,20	2,00
C _{CL}	0,10	0,03	2,0	1,5	0,10	0,08	<0,01	0,03	0,40	0,90	< 0,03	< 0,03	1,70	0,90
C _{sL}	0,50	0,20	1,8	1,6	<0,01	0,08	0,20	0,03	0,60	1,90	< 0,03	< 0,03	2,00	1,10
C _{RP}	0,07	0,02	2,5	1,6	<0,01	0,07	0,20	0,03	0,06	0,50	< 0,03	< 0,03	0,60	0,50
C _{LM1}	<0,01	0,01	1,8	1,8	<0,01	0,06	0,20	0,02	0,40	0,10	< 0,03	< 0,03	0,40	0,50
C _{LM2}	<0,01	<0,01	1,9	1,6	0,09	0,05	<0,01	0,03	0,03	0,40	< 0,03	< 0,03	0,50	0,05
C _{PS}	0,10	<0,01	2,0	1,7	<0,01	0,05	0,20	0,03	0,20	1,50	< 0,03	< 0,03	0,70	0,40
C _{PC}	0,02	<0,01	2,5	1,8	0,10	0,06	<0,01	0,03	0,50	1,30	< 0,03	< 0,03	1,00	0,30
C _{RC}	<0,01	<0,01	2,2	2,4	<0,01	0,06	0,20	0,03	0,03	1,30	< 0,03	< 0,03	0,50	0,40

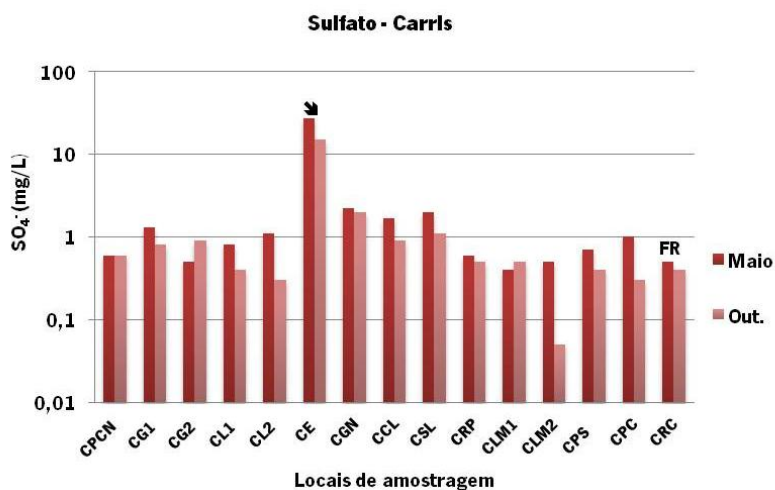


Figura 5.35 – Valores referentes ao anião sulfato, em locais de amostragem do espaço mineiro Carris. FR – Fundo Regional.

No quadro 5.XVI apresentam-se as concentrações de constituintes metálicos e arsénio. Verifica-se que em todas as amostras a concentração destes elementos é inferior a 1 mg/L e que a maior parte das amostras corresponde a determinações abaixo do limite de quantificação do método analítico.

Quadro 5.XVI – Organização geral dos metais e arsénio pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Carris.

L. A.	Maio Zn (mg/L)	Out. Zn (mg/L)	Maio Cu (mg/L)	Out. Cu (mg/L)	Maio Pb (mg/L)	Out. Pb (mg/L)	Maio Fe (mg/L)	Out. Fe (mg/L)	Maio Mn (mg/L)	Out. Mn (mg/L)	Maio Al (mg/L)	Out. Al (mg/L)	Maio As (mg/L)	Out. As (mg/L)
C _{PCN}	<0,01	0,0156	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{G1}	<0,01	0,0156	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{G2}	0,01	0,0166	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{L1}	<0,01	<0,01	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	0,0701	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{L2}	<0,01	—	<0,04	<0,04	0,00522	<0,004	<0,0625	0,0734	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _E	0,0517	0,0517	0,0911	0,0941	0,01277	0,00798	0,1254	0,3217	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{GN}	0,0328	0,0424	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	0,0154	—
C _{CL}	<0,01	0,0205	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{SL}	<0,01	0,0197	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{RP}	<0,01	0,012	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	0,0991	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{LM1}	<0,01	0,0119	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{LM2}	<0,01	<0,01	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{PS}	<0,01	0,011	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{PC}	<0,01	0,0127	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—
C _{RC}	<0,01	<0,01	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,50	—	<0,01	—

Por exemplo, relativamente ao ferro (Figura 5.36 B) observa-se que a maioria das amostras revela valores <0,0625 mg/L em ambas as campanhas, destacando-se a amostra C_E com valor 0,1254mg/L e 0,3217 mg/L nas primeira e segunda campanhas, respetivamente.

A análise de outros metais mostra que os valores de zinco (Figura 5.36 A) e de cobre se revelam mais elevados no local de amostragem C_E sendo de, aproximadamente, 0,05 mg/L e 0,09 mg/L, respetivamente. Nos restantes locais de amostragem os resultados são idênticos, a citar <0,01mg/L para o zinco e <0,04 mg/L para o cobre.

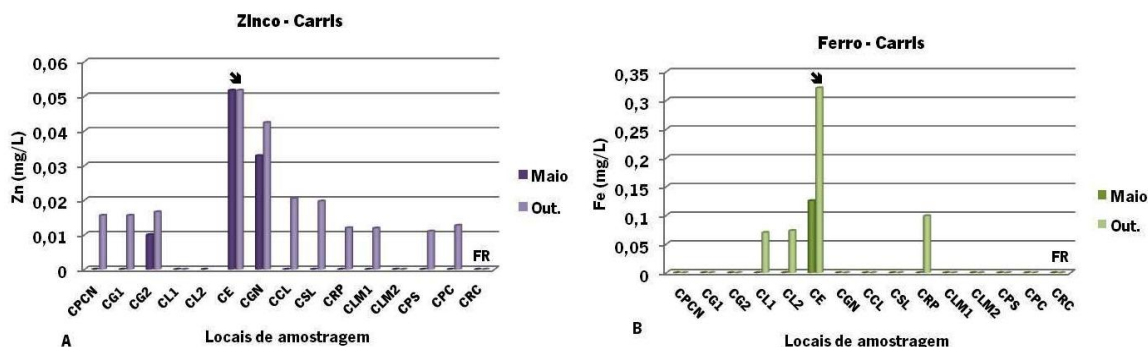


Figura 5.36 – Valores referentes aos metais zinco (A) e ferro (B), em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Carris. FR- Fundo Regional.

O manganês e o alumínio apresentam valores de $<0,031$ mg/L e de $<0,50$ mg/L respetivamente, em todas as amostras. Estes dois parâmetros, tal como o arsénio, não foram analisados na segunda campanha. No caso do arsénio e do chumbo são também mais frequentes as ocorrências abaixo do limite de quantificação do método analítico - $0,01$ mg/L e $0,004$ mg/L – respetivamente. A maior parte das amostras apresenta características de uma solução de baixa alcalinidade onde as espécies químicas com caráter oxidante são reduzidas. Apenas pontualmente se observa alguma acidez e assinatura sulfatada (junto à pilha de pré-ustulados, correspondente ao local de amostragem C_e , figura 5.37).

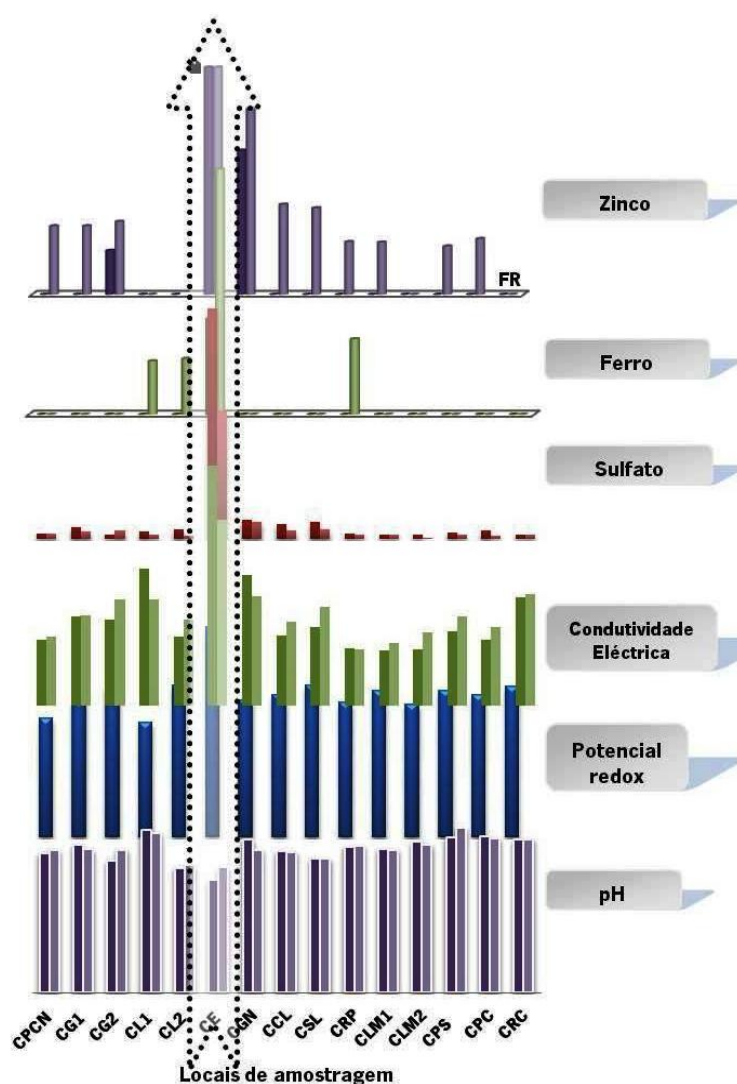


Figura 5.37 – Valores referentes a pH, potencial redox, condutividade elétrica, sulfato, ferro e zinco, em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Carris. FR- Fundo Regional.

Em termos gerais, o efluente de Carris descreve-se como sendo ligeiramente ácido, sulfatado e com ligeira contaminação em ferro, no local de amostragem referente a C_e . A predominância do ião sulfato é indicadora de água de drenagem ácida, o que estará, possivelmente, relacionado com a

oxidação e dissolução de sulfuretos. O parâmetro sulfato é pois importante no que concerne à avaliação e caracterização da magnitude e extensão da contaminação mineira. A degradação da qualidade da água associada a estas propriedades pode ser incrementada pela presença do arsénio, cobre, zinco e fluoreto. Por isso, o local de amostragem C_e merece especial atenção no que se refere a possíveis impactes ambientais desencadeados pela dispersão de resíduos e subsequente mobilização de elementos químicos tóxicos, nesta área com estatuto de proteção.

5.2.2. Propriedades dos efluentes de Las Sombras

No quadro 5.XVII apresentam-se as propriedades das amostras alusivas a parâmetros expeditos analisados nos diversos locais de amostragem no espaço mineiro Las Sombras, referentes a duas campanhas de amostragem, em maio e outubro de 2010.

A título ilustrativo representam-se graficamente os valores de pH e de condutividade elétrica, CE (Figura 5.38 A e B, respetivamente).

Quadro 5.XVII – Organização geral dos parâmetros de campo: pH, condutividade elétrica (CE), oxigénio dissolvido (O) e potencial de oxidação (Eh) correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010 no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.

P. A.	Maio - pH	Out. - pH	Maio – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Out. – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Maio – O ₂ (mg/L)	Out. – O ₂ (mg/L)	Maio – Eh (mV)
S _G	6,48	6,36	21,10	21,10	6,10	5,99	233,20
S _R	6,47	6,58	15,78	13,50	5,87	6,21	259,60
S _{RAE}	6,22	6,22	14,58	23,18	5,42	6,29	168,10
S _{RE}	6,56	5,32	13,85	12,57	5,69	5,28	239,30
S _{PA}	6,44	6,40	16,29	14,84	6,29	5,76	210,60
S _{RH}	7,10	7,12	15,38	15,21	5,23	5,63	242,30
Média	6,44		16,45		5,81		225,52
Mediana	6,44		16,45		5,81		236,25
Desvio padrão	0,21		1,25		0,02		32,28
Máximo	7,12		23,28		6,29		259,60
Mínimo	5,32		12,57		5,23		168,10
Variância	0,033		75,189		0,0001		1042,31

Atendendo à distribuição dos valores respeitantes aos parâmetros expeditos, apresentados no quadro 5.XVI e na figura 5.38, constata-se o seguinte:

- O pH situa-se na gama de valores 5,32 a 7,12 (obtidos na 2ª campanha). O primeiro valor concerne ao efluente mineiro próximo da galeria da mina Las Sombras (local de amostragem S_{RE}), enquanto o segundo valor é respeitante ao curso de água mais afastado do espaço mineiro, ou seja, próximo da confluência no rio Homem (fundo regional – FR).

- A *CE* distribui-se numa estreita gama de valores, entre 23,18 -12,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (valores obtidos na campanha de outubro).
- Relativamente ao oxigénio dissolvido há um conjunto de amostras com valores próximos de 6 mg/L.
- Quanto ao *Eh* (Figura 5.39), somente avaliado na campanha de maio, o valor máximo obtido corresponde a 259,60 e mínimo de 168,10 (valor analisado no Rio Amoreira, no troço abaixo da Escombreira III).

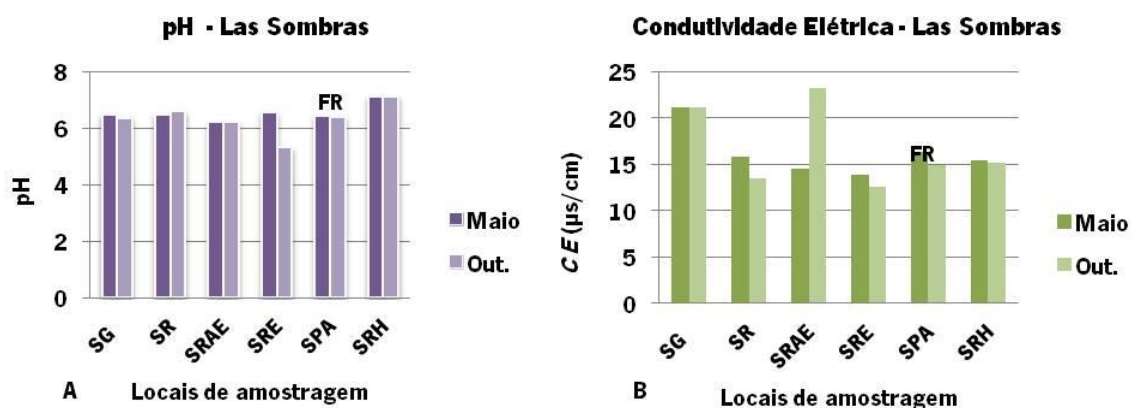


Figura 5.38 – Valores de pH (A) e de condutividade elétrica, *CE* (B) em locais de amostragem referentes ao espaço mineiro Las Sombras. FR – Fundo Regional.

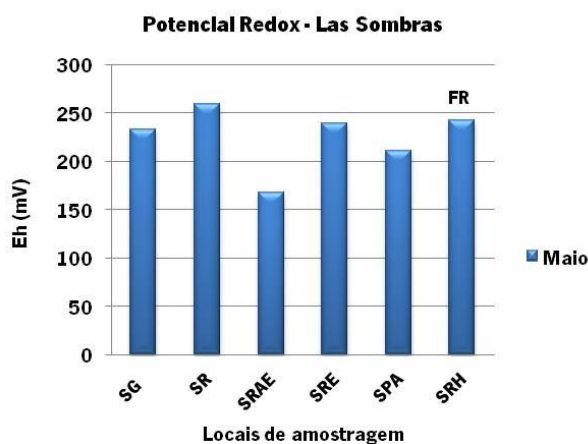


Figura 5.39 – Valores de potencial redox em locais de amostragem referentes ao espaço mineiro Las Sombras. FR – Fundo Regional.

Todas as amostras apresentam valores baixos de alcalinidade, em torno de 3 a 5 mg/L CaCO_3 (Quadro 5.XVIII). Nenhuma amostra revelou acidez. O valor de alcalinidade mais elevado corresponde à amostra S_g (galeria da mina) com 5,14 mg/L, baixando para 2,34 mg/L. Os teores em aniões apresentam-se no quadro 5.XIX.

Quadro 5. XVIII – Dados obtidos a partir da análise da alcalinidade total correspondentes às campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.

P. A.	Maio – Alcalinidade total (mg/L)	Out. – Alcalinidade total (mg/L)
S_G	5,14	3,74
S_R	4,07	3,10
S_{RAE}	2,92	4,85
S_{RE}	3,09	2,34
S_{PA}	3,83	3,31
S_{RH}	2,96	2,53
Média	3,67	3,31
Mediana	3,46	3,21
Desvio padrão	0,87	0,91
Máximo	5,14	4,85
Mínimo	2,92	2,34
Variância	0,75	0,83

Quadro 5.XIX – Organização geral dos aniões pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras. L.A – Local de Amostragem.

P. A.	Maio F (mg/L)	Out. F (mg/L)	Maio Cl (mg/L)	Out. Cl (mg/L)	Maio NO₂ (mg/L)	Out. NO₂ (mg/L)	Maio Br (mg/L)	Out. Br (mg/L)	Maio NO₃ (mg/L)	Out. NO₃ (mg/L)	Maio PO₄ (mg/L)	Out. PO₄ (mg/L)	Maio SO₄ (mg/L)	Out. SO₄ (mg/L)
S_G	0,10	<0,01	2,1	1,9	0,06	0,06	<0,01	0,03	0,10	0,30	<0,03	<0,03	1,1	0,6
S_R	<0,01	<0,01	2,1	1,8	<0,01	0,06	0,20	0,02	<0,01	0,04	<0,03	<0,03	0,4	0,2
S_{RAE}	<0,01	0,04	2,5	1,9	0,06	0,08	<0,01	0,03	<0,01	0,07	<0,03	<0,03	0,4	0,6
S_{RE}	<0,01	0,02	2,1	1,9	<0,01	0,06	0,20	0,02	0,05	0,20	<0,03	<0,03	0,6	0,2
S_{PA}	0,08	0,03	2,4	1,9	<0,01	0,06	0,09	0,02	0,06	0,30	<0,03	<0,03	0,6	0,2
S_{RH}	0,06	0,05	2,3	2,0	0,06	0,06	<0,01	0,03	0,10	0,80	<0,03	<0,03	0,6	0,3

Respeitante a estas análises, observa-se que o cloreto e sulfato são os aniões predominantes.

- O cloreto apresenta valor mais alto na campanha de maio, de 2,5 mg/L (valor analisado no Rio Amoreira, no troço abaixo da Escombeira III), baixando para 1,8 mg/L na campanha de outubro.
- O sulfato (Figura 5.40) apresenta valores mais altos na campanha de maio (valor 1,1 mg/L, no local de amostragem S_G, galeria da mina), baixando para os 0,2 mg/L na campanha de outubro.

A análise dos resultados referentes a metais e arsénio, constantes no quadro 5.XX mostra que, em todas as amostras, a concentração dos elementos do conjunto é inferior a 1 mg/L.

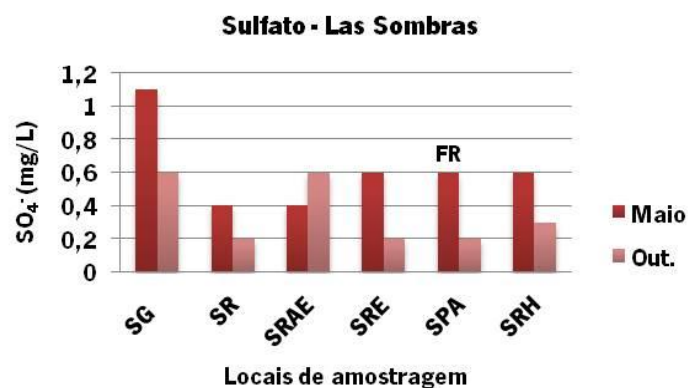


Figura 5.40 – Valores referentes ao ânion sulfato em locais de amostragem alusivo ao espaço mineiro Las Sombras. FR - Fundo Regional.

Quadro 5.XX – Organização geral dos metais e metaloides pesquisados em campanhas de maio e de outubro de 2010, no espaço mineiro Las Sombras.

P. A.	Maio Zn (mg/L)	Out. Zn (mg/L)	Maio Cu (mg/L)	Out. Cu (mg/L)	Maio Pb (mg/L)	Out. Pb (mg/L)	Maio Fe (mg/L)	Out. Fe (mg/L)	Maio Mn (mg/L)	Out. Mn (mg/L)	Maio Al (mg/L)	Out. Al (mg/L)	Maio As (mg/L)	Out. As (mg/L)
S _G	0,0245	0,0429	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—
S _R	<0,01	0,0106	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—
S _{RAE}	<0,01	0,0385	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—
S _{RE}	<0,01	<0,01	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—
S _{PA}	<0,01	0,0156	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—
S _{RH}	<0,01	<0,01	<0,04	<0,04	<0,004	<0,004	<0,0625	<0,0625	<0,031	—	<0,5	—	<0,01	—

O ferro apresenta valores <0,0625 mg/L em ambas as campanhas. Os valores de zinco (Figura 5.41) apresentam-se ligeiramente mais elevados que os outros metais em análise.

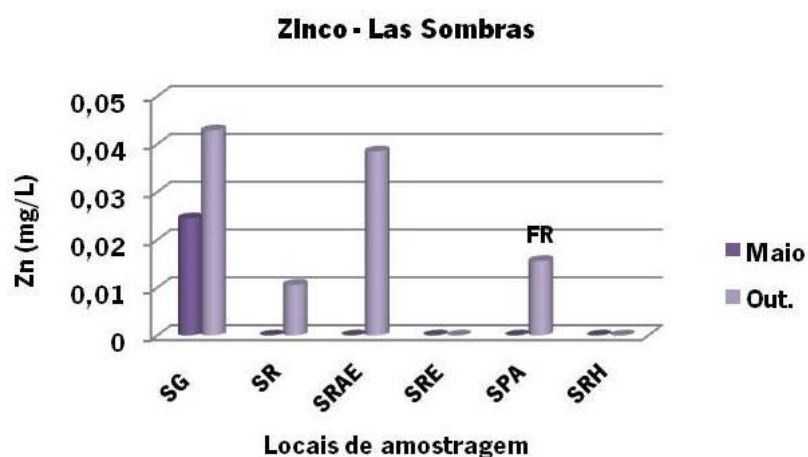


Figura 5.41 – Distribuição dos valores referentes ao metal zinco em locais de amostragem alusivos ao espaço mineiro Las Sombras. FR- Fundo Regional.

No caso do arsênio e do chumbo são mais frequentes as ocorrências abaixo do limite de quantificação do método analítico - 0,01 mg/L e 0,004 mg/L – respetivamente.

O mesmo se passa para o manganês e o alumínio, que apresentam valores de $<0,031$ mg/L e de $<0,50$ mg/L, respetivamente em todas as amostras analisadas.

Ao analisar todos os parâmetros mencionados, juntamente com o constante na figura 5.38, constata-se que o efluente se aproxima da água natural, com baixa mineralização e ligeira alcalinidade, como se observa na amostra do fundo regional (correspondente ao local de amostragem S_{11}). Resumidamente não se observa acidez nem sulfato nas amostras deste sítio mineiro. Contrariamente ao verificado no efluente dos Carris, em Las Sombras não se detetam os típicos indicadores de drenagem ácida associados à presença de sulfuretos.

5.3. Aferição comparativa Carris – Las Sombras

A partir do conjunto de dados emanados do sub-capítulo 5.1 e do sub-capítulo 5.2 estabelece-se uma aferição comparativa entre os dois espaços mineiros em estudo.

Do quadro 5.XXI consta uma comparação entre Carris e Las Sombras. As suas escombreiras apresentam características típicas que podem servir para definir estados e magnitudes em termos de impacte ambiental. Algumas destas características correspondem a fatores relacionados com: propriedades dos resíduos e sua correlação com o tipo genético de depósito mineral, evolução mineralógica e geoquímica, condições de acumulação e estado de estabilidade física, química e geotécnica das escombreiras.

Pela análise dos resíduos existentes em Carris e Las Sombras (Quadro 5.XXI), em particular a sua granulometria, verifica-se que esta propriedade é variável devido aos processos que originaram os diferentes resíduos. A paragénese primária condiciona determinadas propriedades, em particular, a reatividade química das escombreiras.

Quanto aos principais tipos de modificações – geomorfológica, geoquímica e mineralógica – que se observam nos dois espaços mineiros em estudo, é de referir que em Carris se verifica alguma instabilidade reacional e tipicamente mais significativa, contrariamente ao verificado em Las Sombras.

A conjugação de indicadores de natureza físico-química (pH, condutividade e concentração de sulfato, metais e arsénio), ecológica (abundância e distribuição de algas acidófilas) e mineralógica (mineralogia e distribuição de produtos ocre) permitiu uma análise comparada entre os resíduos e os efluentes em Carris e Las Sombras. Em ambos os locais nota-se uma reduzida quantidade de substâncias hidrolisáveis e os efluentes mineiros são maioritariamente alcalinos, uma vez que existe uma maior quantidade de substâncias capazes de neutralizar a acidez. Contudo, no local Salto do

Lobo (Carris) foi possível identificar propriedades contrárias às descritas pelo que se conclui que neste local a drenagem ácida tem origem, principalmente, nas escombreyas/pilha de pré-ustulados com estereis mais finos.

Quadro 5.XXI – Síntese de caracterização dos espaços mineiros Carris e Las Sombras.

PARÂMETRO	ESPAÇOS MINEIROS	
	CARRIS	LAS SOMBRAS
Tipo de depósito (mineralização)	Filões de quartzo em granito (W, Mo)	Filões de quartzo em granito (W, Mo)
Propriedades dos resíduos	Estereis com granulometria e composição heterogéneas. Os estereis mais finos são enriquecidos em sulfuretos (pirite, arsenopirite e molibdenite)	Estereis com granulometria e composição heterogéneas, mas essencialmente de granulometria grosseira.
Área ocupada pelo escombro	117 000 m ²	7 900 m ²
Condições de acumulação (situação atual)	Pequenas escombreyas dispersas e uma grande acumulação plana na Corga da Lamalonga	Três escombreyas pequenas e dispersas.
Manifestações de erosão (situação atual)	Presente através da dispersão de resíduos na Corga de Lamalonga, mas com tendência para a estabilização	Presente através da dispersão de resíduos, ainda que de forma pouco acentuada, mas com tendência para a estabilização
Sinais de modificação geomorfológica	Presentes através do assoreamento da Corga da Lamalonga	Ausente
Sinais de modificação mineralógica	Presentes através das neoformações mineralógicas supergénicas pouco diversificadas e pouco abundantes	Ausente
Sinais de modificação geoquímica	Presentes através da formação de águas de drenagem ácida	Ausente
Estatuto de ordenamento	Área protegida (Parque Transfronteiriço e Parque Nacional/Proteção Parcial I)	Área protegida (Parque Transfronteiriço e Parque natural/Reserva natural)
Principais conflitos com os usos do território	Conservação da Natureza	Conservação da Natureza
Propriedades mais discriminantes	Situação em ambiente de Parque Transfronteiriço Termo intermédio de reatividade	Situação em ambiente de Parque Transfronteiriço Termo intermédio de reatividade

O calibre muito fino dos materiais depositados na pilha de pré-ustulados existente em Salto do Lobo acelera, em geral, os processos de dissolução e lixiviação. Assim, pode inferir-se que uma das fontes de maior significado poluente está ao nível dos metais já mencionados, os quais integram, em percentagens mais ou menos relevantes, tal pilha do espaço mineiro Carris.

Todavia a característica que mais determina o impacto ambiental associado a Carris e Las Sombras é a do estatuto de área protegida para a conservação da Natureza, em particular o de parque transfronteiriço que torna as escombreyas focos de impacto especialmente relevantes.

Para além das escombreyas/pilha de pré-ustulados, as infraestruturas de apoio à lavra mineira também têm consequências nefastas para o meio ambiente, em geral, e para o Homem, em particular. Isto porque o colapso de chaminés, galerias e poços pode provocar depressões

topográficas e cavidades no terreno causando, dessa forma, danos às estruturas superficiais, como exemplos os edifícios, rede de distribuição de água e caminhos.

De um modo geral, os impactes ambientais podem ser classificados como de natureza física, paisagística ou química e são suscetíveis de interferir negativamente nos ecossistemas.

Em termos de consequências, estas dependem de inúmeros fatores: dimensão e estabilidade das escombreyras, diâmetro dos resíduos, tipo de metais presentes (principalmente metais pesados), teor químico e forma de ocorrência dos minerais e, ainda, geomorfologia da área envolvente (permeabilidade e grau de fracturação das rochas, condições de drenagem e circulação das águas).

Em geral, as escombreyras existentes em Carris e Las Sombras apresentam características significativamente distintas, tanto no que concerne ao material que as constitui como à forma que apresentam. Esta heterogeneidade associada à dispersão geográfica das mesmas faz com que não se possa estabelecer um padrão de efeitos sobre o ambiente. Assim, é necessário distinguir as diferentes escombreyras quanto ao tipo de impacto ambiental associado, como consta do quadro 5.XXII.

Associado ao impacto paisagístico tem-se o facto das escombreyras evoluírem em área e altura na proporção direta do aprofundamento da exploração e também o facto de todas se encontrarem desprovidas de vegetação, podendo dizer-se que todas são alvo de um impacto paisagístico.

Quadro 5. XXII – Impacte ambiental nos sítios mineiros Carris e Las Sombras.

ESPAÇO MINEIRO	LOCAL	IMPACTE AMBIENTAL ASSOCIADO
Carris	Salto do Lobo	Paisagístico (degradação de infraestruturas) Químico (Drenagem ácida)
	Corga das Negras	Paisagístico Físico/Geomorfológico
	Lamalonga	Paisagístico Físico/Geomorfológico
Las Sombras	Escombreyra I	Paisagístico Físico/Geomorfológico
	Escombreyra II	
	Escombreyra III	

Por consequência, todas as escombreyras têm em comum o facto de contribuírem para um impacto visual negativo, quer nos Carris quer em Las Sombras; alterando, de forma notória, a paisagem característica de uma área pertencente ao Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, já que esta foi degradada em consequência da exploração mineira, de vários anos, em zonas virgens e, até então, pouco ou nada modificadas pelo Homem.

A dispersão de estéreis no local Lamalonga assume-se como uma unidade relevante na estrutura da paisagem em plena serra do Gerês, uma vez que a sua morfologia e cor estabelecem contraste visual com a envolvente, já que também se encontra desprovida de vegetação.

A reatividade depende da alteração das paragénese que, por sua vez, depende da alteração de um só mineral, como exemplo a pirite, ou de associações de minerais. No entanto, nos espaços mineiros em estudo, verifica-se que os minérios não revelam alterabilidade bastante significativa. Mesmo assim é possível observar alguns testemunhos de alteração, em particular a presença de óxidos-hidróxidos de tungsténio sobre a scheelite.

A drenagem ácida circunscreve-se a halos estritos, pois os materiais existentes em escombreira apresentam reduzida alteração. Tais halos dissipam-se nas proximidades das instalações mineiras abandonadas, em concordância com a formação generalizada de pátinas neutralizantes em torno de alguns fragmentos de “*tout venant*” com maior potencial reativo.

Os sulfuretos secundários, sulfatos e óxidos de cobre, tanto no jazigo como na pilha de pré-ustulados são escassos.

Nas pilhas de materiais triturados predominam minerais primários, relíquias, minerais com baixa alterabilidade e são escassos os produtos de alteração intermédia e neoformações.

In situ, constata-se um maior foco de contaminação no local Salto do Lobo, junto do edifício de “afinagem”.

No local Lamalonga o impacto deve-se, principalmente, ao grande volume e mobilidade dos estéreis e à sua vasta área de dispersão.

A Corga das Negras, em comparação com Lamalonga, apresenta uma muito menor área de dispersão de escombro.

Seria de esperar que a drenagem proveniente do espaço mineiro Carris fosse ácida ou bastante ácida e que o sistema fluvial do rio Cabril fosse afetado, podendo vir a contaminar a albufeira de Salamonde. No entanto, face aos resultados obtidos em Valente *et al.* (2000), Valente (2004) e, também, obtidos na presente dissertação, considera-se que parte considerável das águas vindas das escombreiras não interfere no equilíbrio hidrodinâmico do curso de água nem em qualquer albufeira (o mesmo se verifica em Las Sombras). Em tais conclusões teve-se em consideração, aquando da análise dos efluentes, que as áreas em estudo se encontram sujeitas a estatutos de proteção especiais e, por isso, qualquer afastamento relativamente aos valores do fundo regional deve ser avaliado de forma mais limitativa.

Segundo Valente (2004), nestas circunstâncias considera-se que o fundo regional é o melhor padrão de qualidade.

Procedendo a uma comparação generalista dos dados apresentados no capítulo 5 com os dados constantes do quadro 5.XXIII reconhece-se que, em média, os efluentes mineiros analisados apresentam valores dentro dos parâmetros normais relativos aos valores médios das águas superficiais – fluor, cloro, nitrito, nitrato.

O parâmetro brometo está ligeiramente acima da média e o sulfato encontra-se bastante mais elevado (como se comprova através dos valores médios de 2,73 na primeira monitorização versus 0,74 mg/L nos valores superficiais regionais).

Através de uma análise mais particular, verifica-se que o efluente pertencente ao local de amostragem CE apresenta valores bastante díspares dos valores médios das águas superficiais, isto é, acima de tais valores e pH inferior.

Quadro 5.XXIII – Síntese estatística da composição química das águas minerais de Gerês, de Lobios, das águas subterrâneas não minerais e das águas superficiais (extraído de Pinheiro, 2011).

Elemento/ Parâmetro	Unidades	Águas subterrâneas			Águas superficiais			Gerês	Lobios
		Máx	Med	Min	Máx	Méd	Min		
F	(mg/L)	0,2	0,089	0,02	0,3	0,092	0,02	12,5	11,5
Cl	(mg/L)	3,1	2,4	2,0	2,80	2,410	2,00	10,3	11,7
NO₂	(mg/L)	0,09	0,07	0,06	0,05	0,067	0,08	<0,01	0,09
Br	(mg/L)	0,04	0,02	0,01	0,01	0,021	0,04	-	-
NO₃	(mg/L)	0,4	0,115	0,01	1,2	0,25	0,1	<0,13	0,23
SO₄	(mg/L)	1,6	0,82	0,2	1,0	0,739	0,5	7,3	8,4
HCO₃	(mg/L)	14,98	7,643	2,0	10,46	3,90	1,81	94	123
Na⁺	(mg/L)	4,23	3,53	3,08	3,69	1,90	1,14	64,1	72,4
Mg²⁺	(mg/L)	0,327	0,304	0,291	0,22	0,16	0,12	<0,04	<0,04
K⁺	(mg/L)	0,330	0,26	0,180	0,27	0,13	0,08	2,4	4,3
Ca²⁺	(mg/L)	1,9	1,20	0,8	-	-	-	2,5	3,0
SiO₂	(mg/L)	7,2	6,13	6	4,5	2,2	0,6	65,2	96,8
pH	Escala de Sørensen	7,25	6,27	5,31	6,80	6,10	5,35	8,98	8,83
Condutividade	(µS/cm)	37,8	22,75	14,9	32,9	16,0	10,7	288	325
Alcalinidade	(mg/L de CaCO ₃)	12,28	6,27	2,51	8,57	3,2	1,48	95	115

Alguns valores de sílica explicam a ocorrência de crustificações e revestimentos de opala (hialite).

Determinadas fraturas mostram a precipitação da halite em relação com valores ocasionalmente elevados de Na e Cl.

A análise paragenética, tanto na componente composicional (na qual se analisam as associações mineralógicas presentes e o contraste de fase) como textural (onde se observam as geometrias de

intercrescimento, modos de contacto, sequência de cristalização – quadro paragenético e carácter reativo dos materiais mobilizados), permite prever o comportamento geoquímico dos resíduos e as características dos efluentes.

A interação entre resíduos de atividade extrativa, com granularidade fina e efluentes, assume-se como principal foco de contaminação físico-química.

À mina dos Carris corresponde uma situação intermédia no que respeita à contaminação por efluentes ácidos, ainda que ligeira. É aqui que ocorrem, simultaneamente, a maior abundância de estéreis finos e os sulfuretos mais reativos. Por se situar no interior do PNPG estes valores assumem alguma importância em termos de degradação da qualidade ambiental.

A partir da análise dos diferentes materiais geológicos existentes nos Carris confirma-se que o sistema tende para o equilíbrio anterior à instalação mineira.

Em Las Sombras, os parâmetros analisados mostram que o efluente é uma solução tendencialmente alcalina onde as espécies químicas, com carácter oxidante, têm pequena expressão. A condutividade elétrica e a acidez aproximam o efluente da água natural e a baixa mineralização e a ligeira alcalinidade do fundo regional.

Resumidamente observa-se uma incipiente acidez somente em Carris - Salto do Lobo.

Em termos geológicos, os sistemas fluviais do rio Cabril e do rio Amoreira podem ser considerados sistemas indicadores de boa qualidade ambiental, ao nível das águas de escorrência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecendo-se a importância que as minas dos Carris e Las Sombras tiveram no passado, durante décadas, a presente dissertação permitiu avaliar o estado de degradação e impacto ambiental, associado às escombreyas e infraestruturas mineiras dos dois espaços mineiros abandonados, localizados em pleno Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés.

O trabalho de investigação desenvolvido possibilitou, também, inventariar o património mineiro remanescente e, ainda, fazer sugestões, que se julgam pertinentes, no sentido de preservar não só a história e o património, mas também requalificar os espaços mineiros e a sua qualidade ambiental.

Uma parte importante do presente trabalho pretendia esclarecer a influência dos trabalhos mineiros sobre a evolução geoquímica dos meios recetores da drenagem mineira superficial. Para isso adotou-se um conjunto de métodos de investigação (capítulo 2), que emanados de diferentes domínios, fosse, no entanto, convergente e eficaz para caracterizar o estado de equilíbrio dos meios recetores hídricos e das acumulações de resíduos ou outros materiais provenientes da atividade extrativa.

A aplicação de métodos estatísticos, associada à fotointerpretação, permitiu determinar a variabilidade e a dispersão da concentração dos elementos químicos de modo a evidenciar a influência da passagem de água em locais expostos à contaminação mineira. Assim, os métodos aplicados no tratamento de dados de natureza hidroquímica permitiram detetar padrões de comportamento geoquímico e caracterizar os locais de drenagem.

Uma outra parte do trabalho relacionou-se com a caracterização do património edificado e equipamentos, isto é, com a discriminação das funções e estados de conservação.

Atendendo a que o objetivo principal em estudo corresponde à identificação/discriminação dos impactos ambientais associados a duas minas abandonadas, para além da geologia das áreas mineiras também a avaliação do impacto inerente ao património edificado se tornou imprescindível neste trabalho de investigação.

De acordo com Lima e Leal Gomes (1998), a geologia sustenta as observações do objeto que atendem, mais pormenorizadamente, às propriedades naturais do material alvo de intervenção extrativa. Além de que, assegura a interface entre a análise industrial (objeto de interesse da engenharia) e o estudo da dispersão de índices, explicada pela arqueologia, quase exclusivamente

com argumentos emanados de uma dinâmica puramente histórica, raramente integrando fundamentos extraídos da análise naturalista da dispersão de georecursos.

A valorização do património pode ser uma alternativa económica, ambiental e social defensável para a evolução do espaço mineiro após o encerramento das minas ativas, prolongando o tempo de vida dos jazigos minerais.

Relativamente ao espaço mineiro Carris, o mesmo foi considerado por Lima (2006b) como um local de Interesse Geológico (LIG) por apresentar evidências bem expressas, acessíveis e conservadas das formas mais generalizadas de intervenção sobre os depósitos, sendo que alguns vestígios proporcionam informação preciosa para interpretação das técnicas de mineração.

Dado o vasto património inerente à área abrangida pela mina dos Carris e pela mina Las Sombras, bem como a localização em pleno Parque Nacional da Peneda-Gerês (primeira área protegida criada em Portugal e única a possuir o estatuto de Parque Nacional) e, também, no Parque Transfronteiriço Internacional de Gerês/Xurés, tornou-se crucial o inventário do património edificado e do acervo de testemunhos imóveis e equipamentos móveis relacionados com a atividade extrativa que aí teve lugar.

O conjunto de instalações mineiras de superfície, em Carris e Las Sombras, encontra-se bastante degradado e despojado de parte importante dos respetivos equipamentos. Nalguns casos apenas restam as paredes dos edifícios. No entanto, os objetos existentes são suscetíveis de classificação, conservação e aproveitamento.

Apesar de abandonadas, as minas conservam, ainda, toda a sua estrutura fundamental, nomeadamente poços e galerias, lavaria e separadora, bem como anexos mineiros e, ainda, escombrelas e, pelo menos, uma pilha de pré-estufados. Desta forma, torna-se possível a reconstituição de grande parte da cadeia de operações mineiras, desde a extração dos minérios à produção de concentrados. Para além de que, o vasto património mineiro material e cultural é passível de rentabilização.

A partir do inventário do património edificado remanescente (capítulo 4) verificou-se que os aspetos mais típicos da arquitetura mineira estão particularmente bem expressos nos Núcleos 2, 4 e 5, com uma disposição muito peculiar das edificações, onde se devem concentrar as intenções de preservação.

Estas zonas são as que melhor manifestam, ao nível da gestão do espaço, a adoção de soluções particulares devidamente adaptadas à topografia e à disposição das reservas minerais em profundidade, tal como descrito em Lima (2006a).

Quanto à mina Las Sombras, esta encontra-se em estado de conservação superior ao verificado nos Carris. Toda a maquinaria que ainda existe é exemplo disso. No espaço mineiro ainda existe um pequeno vago.

As ruínas das instalações mineralúrgicas e o “bairro mineiro” constituem um conjunto de estruturas de grande interesse técnico, arquitetónico, histórico e paisagístico.

As infraestruturas mineiras em degradação, de um lado e do outro da fronteira, na Mina dos Carris e Mina Las Sombras, são fonte de preocupação pelo que urge desencadear as medidas necessárias para evitar os contínuos atos de vandalismo e a delapidação dos objetos móveis e imóveis de interesse patrimonial, ainda existentes.

O inventário do património edificado relativo aos dois espaços mineiros mostra uma interessante variedade de edificações, com função industrial identificável, que seriam úteis no contexto da diversificação do património atribuível ao Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, possibilitando um incremento do valor patrimonial de uma das zonas de estatuto de conservação mais restritivo.

Atendendo à importância histórica destas minas e à diversidade de funções mineiras, ainda identificáveis nas ruínas, justifica-se uma requalificação museológica, controlada e sustentável do espaço mineiro.

Assim, como proposta, apresenta-se a realização de um estudo da qualificação arquitetónica e arqueológica industrial das edificações mineiras dos Carris e de Las Sombras – tipologia dos locais e objetos inscritos no património geomineiro.

A par da reabilitação ambiental deverá ser equacionada a possibilidade de utilização das infraestruturas e equipamentos, ainda existentes, para a criação de núcleos museológicos orientados segundo a temática da extração mineira; mantendo-se, assim, viva a memória de uma atividade que, no passado, foi relevante para a economia da região.

Para além das infraestruturas mineiras destaca-se, também, o seguinte património a valorizar: afloramentos geológicos com elevado interesse científico em certas cortas, galerias e ruínas e, ainda, poços e galerias que constituem, por vezes, um fator de biodiversidade (ecossistemas específicos adaptados ao meio mineiro).

Destaca-se, também, a geodiversidade exposta nas frentes correspondentes aos últimos desmontes (estrutura e paragénesse dos depósitos afetados pela lavra mineira) e a diversidade mineralógica e paragenética proporcionada pelas escomboreiras.

As frentes de desmonte tornam-se importantes, do ponto de vista patrimonial, por mostrarem evidências claras e didáticas da gênese e estruturação dos depósitos e também boas evidências da forma como essa estruturação foi abordada pela lavra mineira.

Por outro lado, algumas escombreyras mostram ainda fragmentos bem representativos das paragénese encontradas nos processos de desmonte e vestígios dos tratamentos a que eram submetidos os minérios no decurso da beneficiação.

No respeitante ao estudo realizado no âmbito do estado de degradação e impacte ambiental associado aos resíduos mineiros, os resultados permitem concluir que as escombreyras dos Carris são de dimensões superiores às que se observam em Las Sombras e derivaram, essencialmente, da atividade extrativa que decorreu desde a década de 40 até meados da década de 70, principalmente na concessão de Salto do Lobo (Carris).

Relativamente às condições de acumulação de resíduos, a origem de todas as escombreyras está relacionada com a acumulação sucessiva de resíduos em regime de despejo livre. Dada a existência de diferentes locais de escombroy não foi de surpreender que nos dois espaços mineiros existissem escombreyras com resíduos de diferentes propriedades e que os mesmos se tenham acumulado a partir de processos de exploração/tratamento e fontes distintos.

Ainda no que concerne às características dos resíduos existentes em Carris e Las Sombras e comparando o descrito em torno da paragénese primária com o enunciado relativamente à paragénese secundária (capítulo 5) verifica-se que:

- i. Na pilha de pré-ustulados (estudo efetuado a partir de material agregado com sulfuretos) existe menor quantidade de calcopirite por comparação com o existente no jazigo primário. O mesmo acontece em relação à molibdenite e destaca-se, ainda, a existência de menor quantidade de volframite relativamente à scheelite.
- ii. A superfície polida de um torrão de sulfuretos mostra uma substância aglutinante composta por argila, goethite e alguma scodorite. Esse aglutinante (muito embora de poder reduzido) permite consolidar o material, evitar a oxidação e, possivelmente, é o que permite que tanto a pirite como a calcopirite, existentes no interior, se encontrem intactas.
- iii. A alternância dos eventos de precipitação com períodos de estiagem afeta as direções do fluxo de água no interior da escombreyra, controlando as reações de interação mineral-água, que por sua vez controlam a mobilidade dos poluentes. As condições de acumulação dos resíduos também contribuem para a determinação de especificidades microclimáticas na própria escombreyra, as quais influenciam as reações de mobilização (Valente, 2004).

- iv.** Apesar da incipiente alteração verificada em minerais reativos, como a pirite e a calcopirite, o facto é que no local verifica-se alguma lixiviação de óxidos de ferro, o que poderá dever-se à existência de grãos não coalescentes, ou seja, sem a substância aglutinante.
- v.** Apesar do material da pilha de pré-ustulados incluir bastantes sulfuretos não está muito alterado, possivelmente devido à aglomeração e crustificação.
- vi.** Microscopicamente verifica-se que a molibdenite está intercrescida com bismuto nativo e bismutinite. Não há, contudo, uma especificidade muito marcada dos halos de dispersão dos diferentes metais em articulação com este facto.

Ao comparar os sulfuretos presentes em amostras de mão com os sulfuretos da pilha de pré-ustulados (crustificação da pilha) verifica-se que:

- a)** As propriedades físico-químicas apresentadas pelos blocos no jazigo primário são muito semelhantes ao que se verifica nos torrões de sulfuretos da pilha de pré-ustulados. Não se observa penetração de alteração significativa em termos texturais, como seria de esperar no caso do torrão.
- b)** Existe um aglutinante óxido disperso no interior das crustificações que permite a neutralização da pirite e da calcopirite. Raramente surgem sulfatos e processos como a calcitização e sulfatização são incipientes e localizados.

A superfície polida dos torrões de sulfuretos apresentam plasmas goethitizados + silica gel (hialítica) ± argila ± scorodite ± bismites.

Os plasmas de bismite identificados aquando do estudo dos óxidos contituem um indicador de alteração supergénica uma vez que os plasmas são considerados materiais geliformes formados a baixas tempertauras, em ambientes supergénicos.

De um modo geral a granulometria dos resíduos existentes na pilha de pré-ustulados foi afetada por fenómenos de subgranulação em escombros. Estes são motivados pela subgranulação mecânica dos grãos, em resposta aos ciclos de humedificação-dessecação e à desagregação resultante das condições de evaporação, ferruginização e crustificação.

As escombrelas são compostas, essencialmente, por partículas de quartzo, feldspato e micas, mas também se verifica a presença de sulfuretos. Essas partículas apresentam diferente granulometria; pelo que, existem maioritariamente fragmentos rochosos que normalmente apresentam uma granulometria irregular, embora tendencialmente grosseira e com uma distribuição espacial distinta (em Lamalonga a área de dispersão de estêreis é distinta da área ocupada pelo escombros nos outros locais estudados). Em menor quantidade permanecem resíduos/detrimentos resultantes do

tratamento do minério, com uma granulometria inferior à dos materiais anteriores e de granulometria mais regular (facto verificado em Salto do Lobo, Carris).

Assim, o escombro existente nos Carris e em Las Sombras é, maioritariamente, estéril, pouco mineralizado, rico em quartzo, feldspato e micas, com dimensões variadas aproximadas das unidades de cm.

Os resultados relativos à análise da qualidade da água revelaram que existe um halo de dispersão da drenagem ácida circunscrito à área de acumulação de estéreis finos com sulfuretos, Salto do Lobo (Carris). Todavia a gravidade dos efeitos de drenagem ácida é pequena como também é pequeno o halo de dispersão.

A jusante, os sistemas fluviais não possuem características de contaminação química evidente.

Um aspeto problemático relaciona-se com a segurança das instalações mineiras abandonadas e em degradação progressiva.

Mediante os indicadores físico-químicos analisados nos sistemas fluviais do rio Cabril e do rio Amoreira salienta-se que os mesmos apresentam um comportamento que se pode considerar aproximadamente natural na maior parte do percurso monitorizado. Excluem-se deste panorama as determinações feitas no troço inicial do sistema fluvial do rio Cabril, ou seja, na área da mina e suas dependências.

A partir da análise dos diferentes materiais geológicos o sistema pode considerar-se tendente para o equilíbrio anterior à instalação da indústria mineira. Os efeitos de drenagem ácida e sulfatada tendem a dissipar-se nas proximidades do edifício de tratamento e separação do minério (em Salto do Lobo, Carris). Assim, atualmente, os indicadores estudados permitem qualificar os sistemas Rio Cabril – Carris e Rio Amoreira/Rio Homem – Las Sombras no domínio da boa qualidade ambiental - própria de ambientes serranos despovoados, desde que não exista outra intervenção sobre os sistemas, o que é coerente com o estatuto de área protegida em que ambos os espaços mineiros se localizam (Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés).

7. BIBLIOGRAFIA

- Actlabs (2012) - *Actlabs Group of Companies. Euro Schedule of Services and Fees*. p. 14 e 15.
<http://www.actlabs.com/page.aspx?page=505&app=226&cat1=549&tp=12&lk=no&menu=64>
- Aires-Barros, L. (1991) - *Alteração e alterabilidade de rochas*. Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, p. 384
- Alves, R. (2007) - *Modelos de Equilíbrio Património - Potencialidade na Valorização de Depósitos Minerais Sub-Económicos - Aplicação ao Ordenamento do Território*. Tese de Mestrado, Univ. Minho, p. 123
- Alves, R.; Leal Gomes, C.; Valente, T. (2010) - *Metodologia de análise de acervos documentais mineiros-subsídio para a valorização do Património Geomineiro em contexto de ordenamento territorial*. Cuadernos del Museo Geomineiro, 12, Florido, p. y Rábano, I. (eds), Instituto Geológico y Minero de España, p. 201-212
- Castroviejo, R. (1975) - *Estudio Petrografico y Metalogénico de la Mina Mercedes II (W-Sn-Mo) en la Sierra del Jures (Lovios, Orense)*. Cátedra de Mineralogia. ETS de Minas de Madrid
- Cheilletz, A. (1972) - *Étude géologique et prospection dans la région de Lovios (Orense, nord-ouest Espagne)*. ENSG-INP, Nancy. Rapport D.E.A.
- Cottard, F. (1979) - *Pétrologie structurale et métallogénie du complexe granitique de Lovios Geres. Le modèle de mise en place de la mine de Las Sombras (Sn-W-Mo-Bi). Sud Galice-Espagne*. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. de Nancy I, p. 226
- Coudé-Gaussen, G. (1978) - *Confirmation de l'existence d'une glaciation wurmienne dans les montagnes du Nord-Ouest du Portugal*. C. R. Somm. Soc. Geol. France, Paris, 1 :34-37

- Coudé-Gaussen, G. (1979) - *Les Serres de Peneda et Gerês (Minho-Portugal). Formes et formations d'origine froide en milieu granitique. Thèse doctorat.* Paris, p. 607
- Custódio, J. (1993) – *As Minas abandonadas do ponto de vista da Arqueologia Mineira e Industrial.* Boletim de Minas, Lisboa, 30 (3), p. 73-84
- Daveau, S. (1977) – *Um exemplo de aplicação da teledeteção à investigação geográfica. A glaciação quaternária das montanhas do Noroeste de Portugal.* Finisterra, XII (23), Lisboa, p. 156-159
- Dias, G.; Leterrier, J.; Mendes, A.; Simões, P.P.; Bertrand, J. M. (1998) – *U – Pb zircon and monazite geochronology of post-collisional Hercynian granitoids from the Central Iberian Zone (Northern Portugal).* Lithos, 45, p. 349-369
- Dossier Mineiro dos Carris (1941-1984) – *Arquivo Mineiro da Circunscrição Mineira do Norte.* Departamento de Recursos Geológicos da Direção Regional de Economia, Porto
- Fernandes, J. (2009) - *Petrologia dos processos de diversificação de litótipos graníticos aplicados na fileira dos produtos pétreos naturais - produção e mercado.* Universidade do Minho, Escola de Ciências - Tese de Mestrado em Ordenação e Valorização de Recursos Geológicos, p. 106
- Fernandes, J.; Leal Gomes, C. (2008) - *Alterações hidrotermais como fatores de diversificação de litótipos graníticos róseos com interesse ornamental – estudo petrográfico de alguns casos e aplicações.* Associação Portuguesa de Geólogos – GEONOVAS nº 21, p. 17 – 29
- Ferreira, N.; Iglesias, M.; Noronha, F.; Pereira, E.; Ribeiro, A.; Ribeiro, M.L. (1987) – *Granitoides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico.* In: Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico, (F. Bea, E. Carnicero, J. C. Gonzalo, M. López Plaza, M. D. Rodríguez, Eds.), Libro homenaje a L. C. Garcia de Figuerola, Rueda, Madrid, p. 37-53.
- Ferreira, A.; Vidal-Romani, J.; Vilaplana, J., Rodrigues, M.; Zêzere, J.; Monge, C. (1992) – *Formas e depósitos glaciários e periglaciários da Serra do Gerês-Xurés (Portugal; Galiza). Levantamento Cartográfico.* Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe, A. Coruña, 17, p. 121-135

- Fonseca, I. (2007) – *Trabalho, Identidade e Memórias em Aljustrel* – “Levávamos Logo a Foice p’ra Mina”. Câmara Municipal de Aljustrel, Ed. 100LUZ, p. 395
- Godinho, P. (2007) – Prefácio de Fonseca (2007) - *Trabalho, Identidade e Memórias em Aljustrel* – “Levávamos Logo a Foice p’ra Mina”. Câmara Municipal de Aljustrel, Ed. 100LUZ, 395 p.
- Gonçalo, L.; Leal Gomes, C. A. (2013) - *Património Edificado da Mina dos Carris (Parque Nacional da Peneda-Gerês, Portugal)*. Libro de Atas del III Congreso Internacional de Geología y Minería Ambiental para el Ordenamiento Territorial y el Desarrollo. Cardona, Catalunha, I.S.B.N.: 978 - 99920 - 1 - 769 - 2, p. 311 – 324
- Honrado, J. J. P. (2003) - *Flora e Vegetação do Parque Nacional da Peneda-Gerês. Tese de Doutoramento*. Departamento de Botânica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade - ICNB (2008a) – *Revisão do Plano de Ordenamento do PNPG, Relatório de Síntese - 1.ª Fase – CARACTERIZAÇÃO - Descrição, Introdução, Enquadramento Legal e Geográfico*, p. 4
- ICNB (2008b) – *Revisão do Plano de Ordenamento do PNPG, Relatório de Síntese - 2.ª Fase – DIAGNÓSTICO, RELATÓRIO*, p. 118
- ICNB (2009) - *Revisão do Plano de Ordenamento do PNPG - 3.ª Fase – PROPOSTA – RELATÓRIO*, p. 51-53
- Laboratório de Geologia e Minas (LGM - Laboratório Nacional de Energia e Geologia. I.P., 2013) - www.lneg.pt
- Le Mailloux Y. (1971) - *Prospection, exploitation et valorisation des minerais de tungstène - molybdène dans la Serra do Gerês (mine de Carris)*. Rapport de fins d'études, Univ. de Nancy

- Leal Gomes, C. (1994) - *Estudo estrutural e paragenético de um sistema pegmatóide granítico - o campo aplito-pegmatítico de Arga - Minho (Portugal)*. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho, p. 695
- Leal Gomes, C. (1995) - *Caracterização preliminar dos recursos base e potencialidades em produtos pétreos graníticos - Maciços situados nos concelhos da região de Basto*. Braga: Universidade do Minho (relatório inédito)
- Leal Gomes, C.; Neves, L. J.; Nunes, J. E.; Godinho, M. M. (1997) - *Caracterização das amazonites pegmatíticas de granitoides pós-tectónicos do norte de Portugal. I - Modo de ocorrência, estado estrutural e geoquímica*. Atas da IX Reunião de geologia do Oeste Peninsular, p. 91-96
- Lima, A. S. (2001) – *Hidrogeologia de terrenos graníticos (Minho-Portugal)*. Tese de doutoramento, Universidade do Minho, Braga, p. 451
- Lima, M. (2006a) - *Caracterização e estratégias de valorização sustentável de ocorrências geológicas com importância patrimonial*. Tese de doutoramento. Univ. Minho, p. 336 (Guia de LIGs – Anexo
- Lima, M. (2006b) - *Guia Descritivo de LIG's*. Universidade do Minho, Braga, p. 102
- Lima, M.F.; Leal Gomes, C. A. (1998) - *Locais de interesse para a Arqueologia Mineira do Alto Minho (N. de Portugal). Estado atual - métodos de caracterização e estratégias de aproveitamento*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Coruña. Vol. 23, p. 89-99
- Linés Escardó, A. (1970) – *The climate of the Iberian Peninsula*. In: C.C Wallen (ed). *Climates of northern and Western Europe*. Amsterdam, p. 195 – 236
- Lottermoser, B. (2003) - *Mine Wastes – characterization, treatment and environmental impacts*. Springer, Berlin, p. 277

- Mateus, A.; Noronha, F. (2010) - *Sistemas mineralizantes epigenéticos na Zona Centro-Ibérica; Expressão da estruturação orogénica Meso- a Tardi-Varisca*. Publicação Comemorativa do “Ano Internacional do Planeta Terra”. Associação Portuguesa de Geólogos. Sociedade Geológica de Portugal p. 47-61
- Mendes, A. (2001) - *Geocronologia e Petrogénese do Maciço Granítico Pós-Tectónico de Peneda Gerês (ZCI, Norte de Portugal e Galiza)*. Tese de doutoramento, Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Braga
- Mendes, A.; Dias, G. (1993) - *Zonalidade composicional em batólitos tardi a pós-hercínicos: o exemplo do maciço granítico de Peneda-Gerês (NW Península Ibérica)*. Atas // Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Porto 1993, (coord. F. Noronha, M. M. Marques e P. Nogueira), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico. Memória n.º 3, p. 113-117
- Mendes, A.; Dias, G. (2003) - *Composição isotópica Sr-Nd de granitos subalcalinos ferro-potássicos: o maciço granítico de Peneda-Gerês (NW Península Ibérica)*. CONGRESSO IBÉRICO DE GEOQUÍMICA, 4, Coimbra, 2003 - Congresso Ibérico de Geoquímica: atas. p. 93-95
- Moreira, A.; Ramos, F. (1982) - *Granito vermelho de Lapela (Serra do Gerês)*. D.G.G.M. Trabalho inédito.
- Moura, A.; Dória, A.; Neiva, A.; Leal Gomes, C. (2011) - *Estudo de inclusões fluidas de minério de W-Mo-Sn da mina dos Carris (Montalegre, Portugal)*. Livro de Atas do VI Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Lourenço J.; Alencão A.; Sousa Oliveira A.; Sousa L.; Teixeira R. (Eds), p. 21-30
- Neiva, A. (2002) - *Portuguese granites associated with Sn - W and Au mineralizations*. Bulletin of the Geological Society of Finland 74, Parts 1-2, p. 79-101

- Noronha, F. (1982) – Rochas *graníticas do triângulo Gerês-Barroso-Cabreira. Suas relações com as mineralizações em Sn e W-Mo*. Publ. do Museu. Laboratório Miner. e Geol. Fac. Ciências Porto, 4.^a série, n.º93, p. 39
- Noronha, F. (1983) – *Estudo metalogénico da área tungstífera da Borralha*. Tese de doutoramento, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Porto
- Noronha, F. (1984) - *Mineralizações espacial e geneticamente associadas ao maciço granítico da Serra do Gerês. Um exemplo de zonalidade*. Cuadernos Xeolóxicos de Laxe, 7, p. 87-99
- Pereira, E.; Ribeiro, A.; Meireles, C. (1993) – *Cisalhamentos Hercínicos e controlo das mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona Centri-Ibérica, em Portugal*. Cuaderno Lab. Xeolóxico de laxe. Coruña. Vol.18 p. 89-119
- Pinheiro, A. (2011) - *Ocorrências hidrominerais associadas ao acidente Gerês-Lobios: conceptualização do funcionamento hidrogeológico do sistema hidrotermal*. Tese de mestrado, Universidade do Minho, Braga, p. 107
- Reis, A. C. (1971) - *As minas da Panasqueira*. Boletim de Minas: 8 (1), p. 3-44
- Ribeiro, A. (2006) – *A Evolução Geodinâmica de Portugal*. In: *Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria* (Dias R, Araújo A, Terrinha P, Kullberg JC, Editores), Univ. Évora, Évora, p. 1-27
- Ribeiro, A; Pereira, E. (1982) - *Controlos paleogeográficos, petrológicos e estruturais na génese dos jazigos portugueses de estanho e volfrâmio*. Geonovas, 3(1): p. 23-31
- Rui Barbosa (2007-2013) - <http://carris-geres.blogspot.com>
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH (2012) - http://snirh.pt/snirh/_dadosbase/site

- Sobek, A.A.; Shuller, W.A.; Freeman, J.R. ; Smith, R.M. (1978) - *Field and laboratory methods applicable to overburdens and mine soils*. USEPA . Repor EPA-600/2-78-054.
- Thadeu, D. (1973) - *Les gisements stanno wolframitiques du Portugal*. Soc. Géol. Belg. (Liège)79 (1), p. 5-30
- Thadeu, D. (1977) - *Hercynian paragenetic units of the portuguesa part of the hesperic massif*. Bol.Soc.geol.Portg. (Lisboa) 20 (3), p. 247-276
- Valente T.; Lima, M.F.; Leal Gomes, C. (coord.) (2000) – *Locais de interesse geológico na área de influência do Parque Nacional Peneda – Gerês (PNPG) - Relatório sectorial: Avaliação de índices geológicos da qualidade ambiental – Indicador transversal – Sistema fluvial do rio Cabril*. Relatório inédito, Universidade do Minho, Braga, p. 26
- Valente, T. (2004) - *Modelos de caracterização de impacte ambiental para escombrelas reativas – equilíbrio e evolução de resíduos de atividade extrativa*. Tese apresentada à Universidade do Minho para obtenção do grau de Doutor em Ciências, p.301
- Valente T.; Leal Gomes, C. (2009) - *Occurrence, properties and pollution potential of environmental minerals in acid mine drainage*. Science of the Total Environment, 407, p. 1135-1152
- Valente, T.; Guise, L.; Leal Gomes, C. (2011) - *Instability of AMD samples and evolution of ochre precipitates under laboratory conditions*. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 11, p. 71-77
- Vera, J. A.; Abad, I.; Abati, J.; Almodóvar, G. R.; Olazábal, A. A.; Álvarez-Marrón, J.; Andonaegui, P.; Aramburu, C.; Arbizu, M.; Arenas, R.; Ayarza, P.; Azor, A.; Bahamonde, J. R.; Barba, P.; Barbero, L.; Lorenzo, J. C. B.; Bastida, F.; Bea, F.; Bellido, F.; Bulnes, M.; Carbonell, R.; Carracedo, M.; Casquet, C.; Castiñeiras, P.; Castro, A.; Colmenero, J. R.; Corretgé, L. G.; Crespo-Blanc, A.; Cuesta, A.; De la Rosa, J. D.; García, F. D.; Balda, M. A. D.; Montes, A. D.; Donaire, T.; Viruete, J. E.; Expósito, I.; Farias, P.; Rodríguez, C. F.; Fernández, F. J.; Fernández, L. P.; Fernández-Suárez, J.; Floor, P.; Galán, G.; Galindo, C.; Gallastegui, G.; Vintaned, J. A. G.; García-López, S.; García-Moreno, O.;

Ibarguchi, J. I. G.; Barreiro, J. G.; González, F.; Casado, J. M. G.; González del Tánago, J.; Clavijo, E. G.; Cuadra, P.G.; Lodeiro, F. G.; Menéndez, L. G.; Gutiérrez-Alonso, G.; Gutiérrez-Marco, J. C.; Hacar, M. P.; Heredia, N.; Huertas, M. J.; Pedro, R. J. S.; Larrea, F. J.; Liñan, E.; Llana-Fúnez, S.; Díaz, F. L.; Moro, F. J. L.; López-Plaza, M.; Macaya, J.; Marcos, A.; Martínez, F. J.; Catalán, J. R. M.; Poyatos, D. M.; Méndez-Bedia, I.; Mendía, M.; Merino-Tomé, O.; Montero, P.; Moreno, C.; Moreno, F.; MorenoEiris, E.; Motis, K.; Navidad, M.; Nieto, F.; Orejana, D.; Alonso, M. V. P.; Pascual, E.; Perejón, A.; Pérez-Estaún, A.; Pieren, A.; Pulgar, J. A.; Quesada, C.; Rábano, I.; Orellana, J. A. R.; Robardet, M.; Alonso, M. D. R.; Rodríguez-Fernández, L. R.; Pascual, F. J. R.; Sáez, R.; Salvador, C.; Sánchez de Posada, L. C.; Martínez, S. S.; Santos-Zalduegui, J. F.; Sarmiento, G.; Scarrow, J.; Sierra, S.; Simancas, J. F.; Suárez, O.; Valenzuela, A.; Vegas, R.; Velilla, N.; Villa, E.; Villar, P.; Villaseca, C. (2004) – *Geología de España*. Sociedad Geológica de España. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, p. 884

- Vieira, G. T. (1997) – *Hydro-aeolian processes in granite mountains the case-studies of the Serra do Gerês and Serra da Estrela, Portugal*. Poster apresentado na 4th International Conference on Geomorphology, Bolonha (Itália), entre 28 de agosto e 3 de setembro de 1997, resumo publicado em Suppl, Geografia Física e Dinâmica Quaternária, 3, T. I, p. 393-394
- Younger, P.; Banwart, S. A.; Hedin, R. S. (2002) - *Mine Water. Hydrology, Pollution, Remediation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 441

CARTAS GEOLÓGICAS E NOTÍCIAS EXPLICATIVAS

- Moreira, A.; Ribeiro, M. (1991) - *Carta Geológica do Parque Nacional da Peneda-Gerês, à escala 1/50 000 e Notícia Explicativa*. Serviços Geológicos de Portugal e Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza/PNPG, Braga
- Noronha, F.; Ribeiro, M. (1982) - *Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, folha 6-A (Montalegre) e Notícia Explicativa*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal

- Rodriguez, H.; Fernández, R. (1989). *Mapa Geológico de España. E: 1/200 000, superv. I.G.M.E (1989) Ourense/Verin (17/27)*, Inst. Geol. y Min. España.
- Thadeu, D. (1965) – *Noticia explicativa da Carta Mineira de Portugal (1960)*. Escala 1:500 000, Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos. Serv. Geol. de Portugal, p. 46